



KRAKOWSKA AKADEMIA
im. Andrzeja Frycza Modrzewskiego

Wydział Zarządzania i Komunikacji Społecznej

Kierunek: Informatyka i Ekonometria

Specjalność: Informatyka stosowana

Piotr Kukuła

**Zastosowanie aplikacji web do prezentacji śladów GPS
na mapach topograficznych**

**Praca licencjacka
napisana pod kierunkiem
prof. zw. dr hab. Jacka Migdałka**

Kraków 2015

SPIS TREŚCI

1.	WSTĘP	5
2.	ZARZĄDZANIE TABOREM A NAWIGACJA SATELITARNA.....	7
2.1.	Zarządzanie kosztami floty i szukanie oszczędności	7
2.1.1.	Koszty utrzymania pojazdu.....	7
2.1.2.	Telematyka transportowa.....	7
2.1.3.	Systemy Monitorowania Pojazdów	8
2.2.	Nawigacja satelitarna.....	8
2.2.1.	Systemy nawigacji satelitarnej.....	8
2.2.2.	Zasada działania GPS	11
2.2.3.	Zapis i prezentacja danych.....	13
2.3.	Wykorzystanie oprogramowania typu Open Source	15
3.	OPIS ŚRODOWISKA PROGRAMISTYCZNEGO	16
3.1.	Smartfon z systemem Android	16
3.2.	Układ GPS	17
3.3.	Aplikacja do zbierania danych.....	18
3.4.	Serwer dla aplikacji web.....	21
3.5.	Aplikacja prezentująca trasy.....	22
4.	ETAPY TWORZENIA APLIKACJI	23
4.1.	Konfiguracja systemu Android.....	23
4.2.	Konfiguracja aplikacji GPS Logger.....	24
4.3.	Konfiguracja serwera.....	26
4.4.	Baza MySQL	30
4.5.	Aplikacja web.....	31
5.	PODSUMOWANIE	34
6.	SPIS TABEL	35
7.	SPIS RYSUNKÓW	35
8.	BIBLIOGRAFIA	35

1. WSTĘP

Na wstępie uważam za konieczne doprecyzowanie wybranego przeze mnie tematu pracy licencjackiej. Nie będzie to praca porównawcza, analizująca po kolei wybrane, istniejące już aplikacje, służące do wizualizacji zapisanych tras na mapach internetowych. Celem pracy jest stworzenie nowej aplikacji. Jej zadaniem będzie zbieranie informacji o aktualnej pozycji GPS pojazdu i prezentacja tych danych w postaci trasy na ogólnodostępnych mapach internetowych. Dane te będą pobierane z telefonu kierowcy za pomocą już stworzonej aplikacji i będą one wgrywane na serwer za pośrednictwem sieci GSM. Wykorzystane w niej narzędzia i technologie, nie licząc samych urządzeń jak telefon, mają w większości charakter darmowy również do zastosowań komercyjnych co umożliwi ich ewentualne wykorzystanie w dowolnej firmie nie zwiększając znacząco kosztów działalności.

Powody wyboru takiego tematu są zasadniczo dwa. Pierwszym z nich jest osobiste zainteresowanie tematyką geolokalizacji, które jest wynikiem chęci zabezpieczenia mojego prywatnego pojazdu mechanizmem lokalizacji GPS. Drugim jest praca zawodowa jako Lider Zespołu Informatyków w dużym przedsiębiorstwie jakim jest Poczta Polska S.A. Spółka ta posiada bardzo dużą flotę pojazdów, a z powodu wielu naleciałości historycznych dopiero od kilku lat zaczyna znacząco rozwijać i ulepszać swoje systemy informatyczne aby móc efektywnie konkurować na zliberalizowanym rynku usług pocztowych. Dotyka to również sektora logistycznego, który do tej pory zarządzany był w sposób analogowy a więc za pomocą długopisów i kartek papieru. Z jednej strony jest to duże pole do popisu dla nowych technologii informatycznych gdyż nie ma potrzeby dostosowywania już istniejącego systemu informatycznego do nowych wymagań tylko konieczne jest stworzenie systemu szytego na miarę. Z drugiej jednak strony jest to zagrożenie gdyż konkurenci, którzy działają na rynku od kilku lub kilkunastu lat, zaczynając działalność mieli już dostęp do najnowszych zdobyczy techniki. A jak wiadomo, zdecydowanie trudniej jest przeprowadzić tak radykalne zmiany w firmie, która istnieje na rynku od ponad 450 lat i ma już wypracowane procesy technologiczne, niż w firmie, która dopiero zaczyna istnieć i od razu może przyjąć najnowsze światowe standardy.

Samo zagadnienie logistyki w Poczcie Polskiej musi stanowić jedno z priorytetowych wyzwań wzrostu. W obecnej sytuacji rynkowej konieczne jest szukanie możliwości zarobku w dziedzinach innych niż przesyłki listowe. Ludzie piszą coraz mniej listów. Firmy również je ograniczają gdyż korzystają z możliwości jakie daje im nowe prawo i chociażby faktury do klientów wysyłają w formie elektronicznej. To rynek przesyłek paczkowych i kurierskich powinien być obszarem, w który Poczta powinna inwestować aby zdobyć w nim jak największy udział. Jest to równocześnie obszar, w którym należy szukać oszczędności gdyż tak duża flota pojazdów wiąże się z wielomilionowymi kosztami. A niestety również z nadużyciami. Aby je ograniczyć, zarówno koszty jak i nadużycia, konieczny jest monitoring pojazdów. Firma musi mieć informacje o tym, ile kilometrów dany pojazd przejechał, w jakim czasie pokonał trasę i jak wyglądała jego trasa. Pozwoli to zarówno wyeliminować nieuczciwe praktyki kierowców jak zoptymalizować wykorzystanie pojazdów oraz dodatkowo może pomóc w planowaniu tras w przyszłości.

W mojej pracy postaram się ogólnie naszkicować zagadnienie logistyki i kosztów z nią związanych. Wskażę obszary, w których można znaleźć oszczędności i opiszę sposób aby z nich skorzystać. Ponieważ całość pracy będzie ukierunkowana na monitoring pojazdów przedstawię ogólny sposób działania geolokalizacji. Następnie opiszę istniejące systemy służące do określania pozycji geograficznej oraz te, które są na etapie wdrażania. Ostatecznie skupię się na jednym - najpopularniejszym i najłatwiej dostępnym - i z niego będę korzystać w dalszej części pracy. W związku z szukaniem oszczędności w temacie pracy, wskażę również zalety korzystania z programów typu Open Source i Freeware oraz możliwości jakie daje Internet a przede wszystkim jego główną zaletę – łatwości dostępu.

W kolejnej części pracy skupię się na dokładniejszym opisaniu narzędzi jakie zostaną wykorzystane w trakcie całego projektu. Omówię tu najważniejsze elementy w kolejności ich wykorzystania w ciągu tworzenia aplikacji finalnej. Pierwszym będzie więc urządzenie typu smartfon z modułem GPS i z systemem Android. Omówię krótko genezę tego systemu i założenia jego twórców oraz wykażę jego zalety w odniesieniu do potrzeb projektowych. Następnie zwrócę uwagę na wymagania co do samego modułu służącego do określenia lokalizacji geograficznej. Zwrócę tu uwagę na to jak ważna jest jakość tego elementu zarówno w odniesieniu do jego dokładności jak i energooszczędności. Kolejnym składnikiem będzie aplikacja obsługująca powyższy moduł. Wypunktuję funkcje jakie są wymagane aby założenia projektowe zostały spełnione, jakiej postaci dane muszą być przez nią generowane oraz jakie typy transmisji danych i jakie protokoły musi obsługiwać. Później skupię się na serwerze, na którym będzie osadzona aplikacja, i na który będą przysyłane dane z urządzenia. Opiszę jakie funkcje są niezbędne do przetwarzania informacji pozyskanych z modułu GPS oraz do poprawnego działania samej aplikacji generującej zapis trasy na mapie. Ostatecznie streszczę założenia dotyczące samej strony www, której zadaniem będzie wyświetlać trasę pojazdu. Przedstawię tu funkcje jakie są wymagane na tym etapie pracy oraz ewentualne możliwości rozwojowe.

Następny element pracy będzie poświęcony części twórczej. Znajdą się w niej opisy wykonanych przeze mnie prac. Obejmie to zarówno konfiguracje poszczególnych elementów jak i dostosowanie narzędzi wymienionych we wcześniejszym rozdziale. Swoje miejsce znajdą tu zarówno konfiguracja systemu Android jak i aplikacji obsługującej moduł GPS. Przedstawię tu również skrypty po stronie serwera jakie stworzę do przetwarzania danych pobranych ze smartfona a także strukturę bazy danych, która posłuży do przechowywania wszystkich informacji. Ostatecznie zaprezentuję samą aplikację, która będzie przedstawiać zarejestrowane trasy pojazdu na wybranej mapie internetowej. Będzie to zarówno opis programu od strony informatycznej, w postaci schematu blokowego, jak również efekty jego działania przedstawiające zapisane trasy.

Na zakończenie ukazać jak łatwo można wdrożyć opisane przeze mnie rozwiązanie. Wskażę korzyści z niego wynikające, zarówno te ekonomiczne jak i użytkowe. Zaproponuję także ewentualne możliwości rozwoju aplikacji

w celu monitoringu większej ilości pojazdów lub wykorzystania jej również do wyznaczania tras. Opiszę tu przy tym „problem komiwożera” oraz temat marszrutyzacji. Wymienię także kilka funkcji, które można z powodzeniem dodać do już gotowej aplikacji. Obejmą one bardziej szczegółowe informacje na temat przebiegu trasy jak np. chwilowa lub średnia prędkość pojazdu, położenie w metrach nad poziomem morza i inne, które wraz z zasadami Eco Drivingu pozwolą wskazać kierowcy elementy, które on sam może wdrożyć aby obniżyć koszty użytkowania pojazdu.

Podsumowując, moja praca ma za zadanie z jednej strony obniżyć koszty funkcjonowania taboru samochodowego w przedsiębiorstwie a z drugiej dostarczyć dodatkowych informacji o trasach jakie pojazdy codziennie pokonują, o kierowcach je prowadzących i o samych autach. Są to tak naprawdę kluczowe informacje i działania dla firmy. Sam koszt zużywanego codziennie paliwa może stanowić ponad 30% całkowitego kosztu posiadania pojazdu. Nowoczesne rozwiązania teleinformatyczne pozwalają zaoszczędzić od 15% do 40% zużytego paliwa. Dodatkowo należy pamiętać, że istotnym jest również kontrolowanie czasu pracy kierowcy oraz bardziej efektywne planowanie trasy pojazdu. Wg danych publikowanych przez Główny Urząd Statystyczny za lata 2012 i 2013 ok. 30% przejazdów w całej Polsce to tak zwane puste przebiegi. Ich ilość można skutecznie zmniejszyć poprzez monitorowanie pojazdów. Wdrożenie takiego rozwiązania dodatkowo poprawi nawyki kierowców. Gdy będą dokładniej rozliczani z wykonywanych przejazdów lub nawet będą premiowani za uzyskane oszczędności zmieniają oni swój sposób jazdy na bardziej ekologiczny co dodatkowo przełoży się na oszczędności. Dodatkowo w przypadku Poczty Polskiej, dostarczone w ten sposób informacje będą dodatkowym źródłem informacji o jej klientach. W przyszłości będzie można lepiej przewidywać ich działania. Należy pamiętać, że Poczta świadczy usługi zarówno doręczania przesyłek do odbiorców jak również odbierania ich od nadawców w celu dalszej ekspedycji. Mając informacje np. o częstotliwości wizyt u danego klienta można lepiej dopasować ofertę dla niego. Można również kumulować zlecenia i optymalnie nimi zarządzać tak aby nie było przypadków dublowania się tras pokonywanych przez różne pojazdy. Wszystko to razem pozwoli na znaczącą redukcję kosztów działalności danej firmy. A pierwszym krokiem w tym kierunku może być aplikacja pozwalająca rejestrować i wyświetlać trasy pojazdów, którą zaprezentuję w swojej pracy.

2. ZARZĄDZANIE TABOREM A NAWIGACJA SATELITARNA

2.1. Zarządzanie kosztami floty i szukanie oszczędności

2.1.1. Koszty utrzymania pojazdu

Pojęciem, z którym należy się zapoznać w temacie kosztów jest tzw. „Total Cost of Ownership” (TCO). Jest to termin określający strukturę kosztów związanych z funkcjonowaniem aktywów w przedsiębiorstwie. W przypadku pojazdów firmowych oznacza z kolei całkowity koszt utrzymania i użytkowania pojazdu służbowego. Do analizowania kosztów utrzymania samochodu należy rozgraniczyć dwa możliwe sposoby pozyskania pojazdów i zarządzanie nimi. Z punktu widzenia księgowości inaczej się to prezentuje w przypadku własnej floty a inaczej gdy jest ona wynajmowana lub leasingowana. W pierwszym wariancie najważniejszymi kosztami są wydatki na zakup pojazdów i koszty paliwowe. W przypadku leasingu lub wynajmu największym obciążeniem oprócz paliwa są kwoty jakie należy co miesiąc odprowadzać firmie wynajmującej pojazdy lub na raty leasingowe.

Niezależnie od sposobu zarządzania flotą do najważniejszych obciążeń finansowych należą więc: koszty związane z zakupem samochodów lub comiesięczne raty, wydatki paliwowe, zakupy opon i serwis pojazdów oraz ubezpieczenie. Większość z nich można opłacać na podstawie umów podpisanych na dłuższy okres czasu z odpowiednimi dostawcami usług lub ponosząc koszty zgodnie z bieżącą sytuacją rynkową na podstawie aktualnych cen.

Odmienne możliwości tworzenia budżetów flotowych dają różne sposoby zarządzania samochodami. Teoretycznie łatwiej zaplanować budżet, gdy firma korzysta z leasingu lub usług firm CFM (Car Fleet Management - Zarządzanie Flotą Samochodową). Te formy finansowania aut flotowych pozwalają na ustalenie stałej, comiesięcznej kwoty, którą dana firma będzie uiszczać na rzecz usługodawcy za każdy pojazd. Należy jednak pamiętać, że zarówno przy wynajmie długoterminowym, jak i leasingu poza kosztami miesięcznymi fakturowanych stawek mogą pojawiać się pewne odchylenia, a tak naprawdę pewne dodatkowe koszty. Związane są one najczęściej z koniecznością rekalkulacji wysokości stawek związaną ze zmianą – w stosunku do zapisów w umowie – przebiegów samochodów. Dodatkowe, nie zawsze uświadomione koszty to także opłaty wynikające z rozliczenia kilometrów na koniec kontraktu czy udziału własnego w kosztach ubezpieczenia. O zwiększonych opłatach decydować może także ponadnormatywne użytkowanie samochodów, a także zbytne zużycie samochodu na koniec kontraktu. Zależnie od sposobu, w jaki kontrakt jest sporządzony, te dodatkowe opłaty mogą sięgać nawet kilku tysięcy złotych rocznie na każde auto.

Wysokość wydatków na ubezpieczenie jest oczywiście uzależniona od wielu zmiennych. Przede wszystkim od tego, czy firma zdecyduje się ubezpieczać swoje samochody wyłącznie w ramach obowiązkowego ubezpieczenia OC, czy wykupi także dodatkowe ubezpieczenie AC i NW. Kolejnymi zmiennymi decydującymi o cenie ubezpieczenia są wartość pojazdu, marka, rodzaj zabezpieczeń przed kradzieżą. Uśredniając, można jednak powiedzieć, że koszt ubezpieczenia samochodu klasy średniej, wartego ok. 50 tys. zł, w ramach obowiązkowego ubezpieczenia OC to wydatek rzędu 800-1800 zł. Ubezpieczenie autocasco jest zasadniczo o kilkadziesiąt procent droższe od OC. NW spośród pakietów ubezpieczenia nie stanowi istotnego udziału w kosztach ubezpieczenia. Sumując, możemy pokusić się o niezbyt precyzyjną wartość ubezpieczenia pojazdu średniej klasy. Chcąc wykupić wszystkie trzy podstawowe rodzaje ubezpieczenia motoryzacyjnego – co przy zwykle dużych przebiegach realizowanych przez firmowe pojazdy wydaje się koniecznością – trzeba liczyć się z wydatkiem 2000-4500 zł w skali roku. Wydatki te częściowo mogą się jednak zwrócić dzięki odliczeniom podatkowym. Koszty ubezpieczenia samochodu osobowego wykorzystywanego na potrzeby działalności gospodarczej stanowią bowiem koszt podatkowy.

Koszty eksploatacji opon to kolejna pozycja flotowego budżetu. Jej wartość znów jest uzależniona od wielkości zakupionych opon, ich klasy oraz przebiegów, jakie realizują rocznie jeżdżące na nich samochody. Możemy jednak przyjąć, że średnio koszt kompletu letnich opon do samochodu to ok. 1200 zł, za komplet zimówek trzeba dać ok. 1600 zł. Przy założeniu, że przeciętnie w polskim klimacie na zimowych oponach jeździ się 5 miesięcy oraz że powinno się je eksploatować na maksymalnie 40 tys. km, a letnio na 60 tys. km, a także że koszt sezonowej wymiany opon to łącznie ok. 160 zł, średni roczny koszt związany z eksploatacją opon to ok. 1500 zł. Średnio raz na dwa lata trzeba bowiem wymienić opony na nowe.

Wydatki na paliwo są tym elementem flotowego budżetu, którego wysokość jest co najwyżej w niewielkim stopniu zależna od sposobu zarządzania firmowym parkiem. Co prawda w przypadku korzystania z usług wynajmu długoterminowego i wykupienia opcji obsługi kart paliwowych klient zyskuje prawo do korzystania z upustów wynegocjowanych przez firmę z sektora CFM, zwykle nie stanowią one jednak istotnego odciążenia rubryki z wydatkami na paliwo w księgowej tabeli dotyczącej firmowych pojazdów. Przy obecnych wysokościach cen paliw średni koszt przejechania stu kilometrów samochodem spalającym przeciętnie 7 litrów na sto kilometrów wynosi ok. 35 zł. A jeśli tak, to średni dla polskich firm roczny przebieg 50 tys. km generuje koszty w wysokości ok. 17 tys. zł, co oznacza, że przeciętnie do baku polskiego, dość oszczędnego samochodu firmowego każdego miesiąca wlewa się paliwo za ok. 1400 zł. Wydaje się, że właśnie tu jest najtrudniej osiągnąć jakieś znaczące oszczędności ale przy tym przychodzi z pomocą nowa technologia.

2.1.2. Telematyka transportowa

Zarządzanie taborem jest to z definicji zbiór czynności logistycznych, obejmujący zarówno planowanie jak i organizację a także administrowanie oraz kontrolę wszelkich procesów związanych z obsługą floty. Należy tu czuć

nad wszystkimi aspektami działania taboru już od momentu wyboru aut, które zostaną zakupione przez organizację, następnie poprzez zarządzanie serwisem i naprawami, zapewnienie mobilności, przechowywanie i wymianę opon, likwidację ewentualnych szkód komunikacyjnych, analizę i przygotowanie raportów z bieżącej działalności aż po sprzedaż aut. W tym celu korzysta się obecnie z zaawansowanych programów komputerowych, które pomagają w koordynacji wszystkich powyższych działań. W tym miejscu z pomocą przychodzi dziedzina, która nosi nazwę telematyki transportowej. Telematyka to połączenie rozwiązań telekomunikacyjnych z informatyką, tak więc systemy telematyczne będą wykorzystywać komunikację elektroniczną, łącząc poszczególne elementy tego systemu, urządzenia do pozyskiwania danych oraz moduły do prezentacji przetworzonych informacji zarówno dla administratorów systemu jak i jego użytkowników. Najważniejszymi funkcjami takich systemów są funkcje operowania informacją. Dotyczy to jej pozyskiwania i przetwarzania oraz dystrybucji wraz z transmisją i ostatecznie wykorzystania w różnorodnych procesach decyzyjnych. W dziedzinie transportu jest to ogromne wsparcie. Wraz z szybko rosnącą liczebnością pojazdów posiadanych przez dane przedsiębiorstwo zwiększają się koszty ich utrzymania. W przypadku Poczty Polskiej ilość pojazdów własnych to ok. 5 tysięcy samochodów. Od 2013 r. Poczta zainwestowała w nowoczesny tabor prawie 200 milionów złotych i sukcesywnie wymienia auta na nowe. Przez ostatni czas wymieniono już ponad 2 tysiące pojazdów. Dlatego potrzebne jest narzędzie, które w łatwy sposób pozwoli zwiększyć efektywność wykorzystania pojazdów oraz zmniejszyć koszty ich eksploatacji.

Wdrożenie telematyki wpływa na wzrost dyscypliny kierowców. Zmieniają oni swoje zachowania na drodze, w większym stopniu stosują się do zasad Eco Drivingu – płynnej, ekonomicznej i ekologicznej jazdy, która przekłada się na bezpieczeństwo. Są to korzyści zarówno twarde jak i miękkie. Do pierwszej grupy zaliczymy oszczędności z tytułu zmniejszenia liczby przejechanych kilometrów przez pojazdy oraz ograniczenie spalania paliwa. Druga grupa to terminowość i bezpieczeństwo – zarówno kierowców, pojazdów i ładunków. Lepšie wykorzystanie pojazdów to także ograniczenie ich ilości lub wykorzystanie ich w innych obszarach. Bezpieczeństwo również jest istotne. Kierowcy wiedzą, że dzięki nowym systemom istnieją możliwości odtworzenia przebiegu kursu i wychwycenia wszelkich przypadków przekroczenia dozwolonej prędkości czy też zmiany trasy przejazdu lub nieplanowanych postojów.

2.1.3. Systemy Monitorowania Pojazdów

System monitorowania pojazdu stanowi dziś standard w każdej firmie, która w swej działalności wykorzystuje flotę transportową. Kilka lat temu monitorowanie pojazdów było wymagane tylko w celach ubezpieczeniowych w przypadku ekskluzywnych samochodów. Aktualnie sytuacja zmieniła się diametralnie. Systemy monitorowania stały się o wiele tańsze i dużo łatwiej dostępne. Kolejnym powodem wzrostu stosowania narzędzi on-line do zarządzania pojazdami jest ekonomia. Odpowiednio dobrany system monitorowania, rozbudowany o pewne dodatkowe funkcje umożliwiające tworzenie analiz i raportów obecnie stanowi narzędzie pracy zwiększające efektywność funkcjonowania nowoczesnego przedsiębiorstwa posiadającego własny transport. Dostępne na rynku rozwiązania pokazują, iż monitoring w samochodach nie będzie jedynie ograniczać się do informacji potwierdzających fakt: czy pracownik wykonuje zadeklarowane zadania lub czy porusza się służbowym samochodem zgodnie z przeznaczeniem? Możliwe są również odpowiedzi na pytania jakościowe, np. czy pracownik wykonuje powierzone mu zadania na czas i zgodnie z określonym planem lub czy rozkład jazdy pojazdu jest realizowany zgodnie z planem? Systemy monitorowania dotyczą również spraw podatkowych, bardzo popularnych w ostatnim czasie zmian ordynacji. Dzięki GPS-owi w pojeździe można otrzymać podstawę do wykazania w urzędzie skarbowym że pojazd może w 100% odliczać VAT. Każde z tych stwierdzeń powoduje, iż monitorowanie pojazdów stało się obecnie narzędziem, bez którego optymalizowanie pracy firmy jest bardzo utrudnione. Klasyczne sposoby, jak np. rozliczanie czasu pracy czy paliwa metodą tankowań statystycznych już się skończyły. Dzięki stosowaniu takiego systemu, można otrzymać informacje czy flota jest wykorzystywana efektywnie, czy koszty obciążające firmę są uzasadnione i jak je ograniczać. Przy obecnych cenach paliw zastosowanie systemu zarządzania flotą umożliwia szukanie oszczędności poprzez podniesienie efektywności transportu.

2.2. Nawigacja satelitarna

2.2.1. Systemy nawigacji satelitarnej

Nawigacja satelitarna to rodzaj radionawigacji wykorzystujący fale radiowe ze sztucznych satelitów w celu określania położenia punktów i poruszających się odbiorników wraz z parametrami ich ruchu w dowolnym miejscu na powierzchni Ziemi. Pierwszy system satelitarny, został stworzony w celu wsparcia nawigacji morskiej oraz do pomocy przy pomiarach geodezyjnych. Był to system „Transit” stworzony w 1958 w USA. Obecnie systemy nawigacji satelitarnej są spotykane w bardzo wielu dziedzinach m. in. w:

- ratownictwie – nadajniki określające pozycję, pozwalają na szybką lokalizację zaginionych pojazdów, samolotów, statków oraz osób;
- transporcie – zarówno morskim, drogowym, lotniczym jak i kolejowym. Nawigacja satelitarna ma zastosowanie w automatycznej identyfikacji poruszających się obiektów, do sterowania ich trasami i ostrzegania o potencjalnych zagrożeniach;
- nawigacji osobistej – zaczynając od pomocy w identyfikacji nieznanego terenu i dostarczaniu o nim adekwatnych informacji, poprzez nadzór nad pracownikami podczas pracy w sytuacjach zagrożenia, aż do szeroko rozumianej rekreacji;

- administracji publicznej – np. w finansach, bankowości. Systemy nawigacji satelitarnej ze swymi certyfikowanymi znacznikami czasu będą mogły zapewnić autentyczność i bezpieczeństwo elektronicznego systemu przesyłania danych;
- geodezji – do określania położenia nadajnika z dokładnością sięgającą kilku milimetrów.

Powyżej wspominałem o „pierwszym” systemie nawigacji satelitarnej. Jak więc można wywnioskować systemów było i jest wiele. Część z nich zakończyła już działalność, inne nigdy nie weszły w fazę eksploatacji. Na chwilę obecną o pięciu z nich warto powiedzieć. Są to:

- GPS
- GLONASS
- Galileo
- BeiDou
- IRNSS

Pierwszym i najbardziej popularnym jest system GPS. Prawidłowa i pełna nazwa to: “Global Positioning System – Navigation Signal Timing and Ranging (GPS-NAVSTAR)”. Jest to system stworzony przez Stany Zjednoczone i działający od lipca 1997 roku. Aktualnie na orbicie krąży 31 w pełni operacyjnych satelitów i jeden zapasowy. Ostatni satelita (na dzień pisanie tej pracy) został wystrzelony 23 marca 2015. Założeniem systemu jest, aby stale funkcjonowały minimum 24 satelity a docelowo ich liczba to właśnie 31. Krążą one po sześciu orbitach okołoziemskich na wysokości 20.183 km. Dzięki takiemu położeniu każdy z satelitów okrąża Ziemię w ciągu 11 godzin i 58 minut. System GPS jest utrzymywany i zarządzany przez Departament Obrony USA. Korzystać z jego usług może w zasadzie każdy – wystarczy tylko posiadać odpowiedni odbiornik GPS. System ten jest darmowy i taki ma pozostać zgodnie z polityką Stanów Zjednoczonych. Jak większość systemów jest on jednokierunkowy – nie można za jego pomocą namierzyć konkretnego użytkownika. Ciekawostką jest fakt, że na każdym satelicie jest zainstalowana aparatura szpiegowska NUDET (Nuclear Detection) przeznaczona do natychmiastowego wykrywania wybuchów nuklearnych na Ziemi.

Drugim co do popularności jest rosyjski system GLONASS (ГЛОНАСС, Глобальная навигационная спутниковая система; Globalna Nawigacyjna Sputnikowa Sistiema) działający w pełni operacyjnie od grudnia 2010 roku. System ten ma podobne założenie jak system amerykański a mianowicie do poprawnego działania musi on mieć na orbicie 24 w pełni sprawne satelity. Aktualnie system posiada 28 wystrzelonych i funkcjonalnych satelitów z czego 4 są wykorzystywane tylko do testów. Docelowo ma ich krążyć 30 po 3 orbitach na wysokości 19.100 km. Ponieważ jest to niższa wysokość niż w systemie GPS to okres obiegu wokół Ziemi jest krótszy i wynosi 11 godzin i 16 minut. System jest zarządzany przez Wojska Kosmiczne Federacji Rosyjskiej. GLONASS dostarcza dwa rodzaje sygnału wojskowy oraz cywilny. Jest to jedyny system nawigacyjny, który działa dwukierunkowo.

Kolejny system to Galileo, który jest rozwijany przez kraje Unii Europejskiej wraz z Norwegią i Koreą Południową. Planowane uruchomienie systemu to rok 2018. Aktualnie w kosmosie znajduje się już 8 satelitów tego systemu z czego ostatnie dwa zostały wystrzelone 27 marca 2015 roku. Na ten jednak moment nie są one jeszcze gotowe do pracy a z pozostałych jeden pozostaje tymczasowo niedostępny. Satelity tego systemu krążą podobnie jak GLONASS po 3 orbitach ale na wyższej wysokości. Wynosi ona 23.616 km i z racji tego okrążają Ziemię w ciągu 14 godzin i 21 minut. Również docelowa liczba satelitów będzie taka jak w GLONASS i wyniesie ona 30. Zaletą tego systemu i powodem, dla którego ma być konkurencją i uzupełnieniem systemu GPS, jest mniejszy promień błędu. Ma on wynosić ok. 1 metr na otwartej częstotliwości i ok. 10 cm na częstotliwości płatnej.

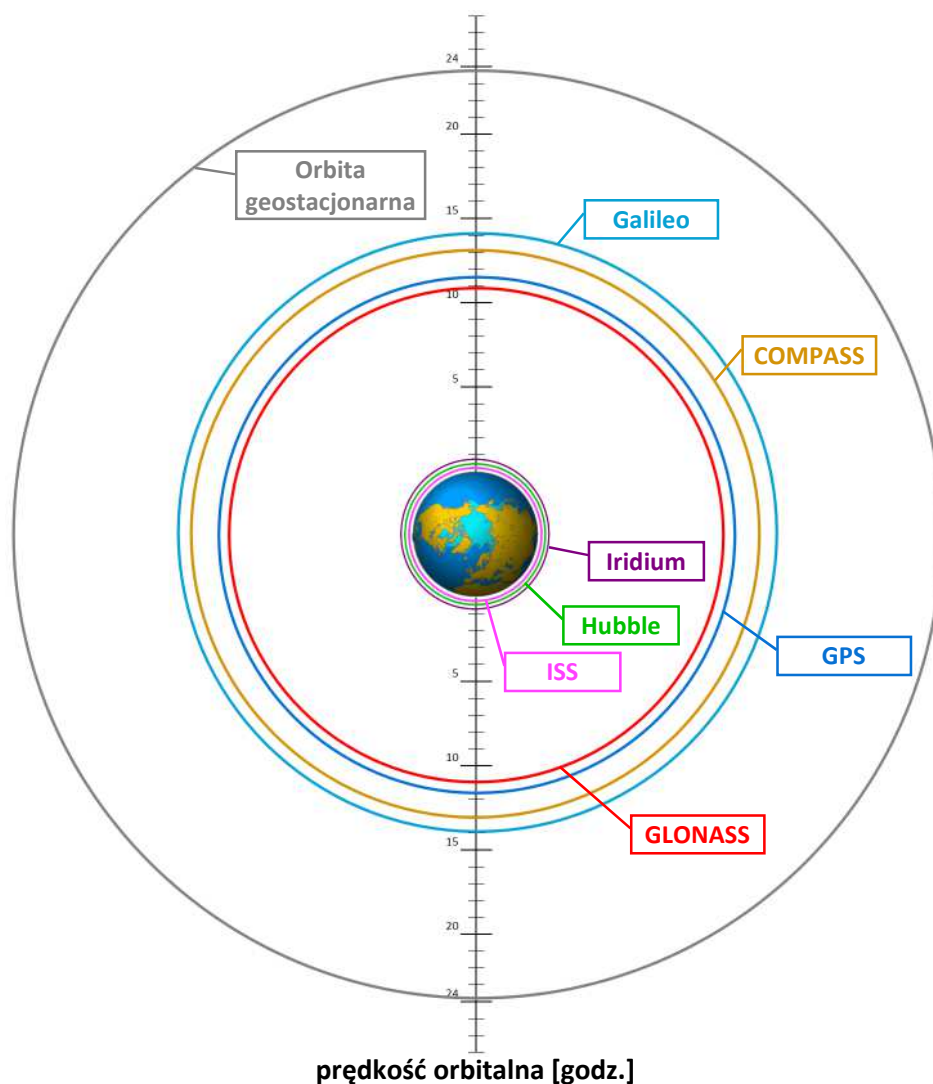
Następny z wymienionych systemów to BeiDou. Jest to system rozwijany przez Chiny w pełni operacyjny od 2012 roku. Aktualna liczba satelitów wynosi 16 z czego ostatni został wystrzelony na orbitę 30 marca 2015 roku. Docelowo ma ich być 35 i będą krążyć po trzech orbitach na dwóch różnych wysokościach - 21.500 km i 35.768 km. Warto zaznaczyć, że satelity BeiDou nadają sygnały nawigacyjne na częstotliwościach mocno zbliżonych do tych użytkowanych przez Galileo. Gdy oba systemy staną się w pełni operacyjne, niektórzy użytkownicy obu rozwiązań mogą z tego powodu odbierać wiadomości nawigacyjne z zakłóceniami. Problem ten od wielu miesięcy jest tematem rozmów pomiędzy Chinami i Unią Europejską. Na razie nie widać jednak jego rozwiązania.

Ostatni z wskazanych systemów to IRNSS (Indian Regional Navigational Satellite System, Hindi: भारतीय क्षेत्रीय नौवहन उपग्रह प्रणाली). Jest on o tyle inny od wcześniej przedstawionych systemów, że nie ma obejmować swoim zakresem całą Ziemi lecz tylko region Indii i obszar 1000-2000 kilometrów wokół. Jego satelity mają być umieszczone na orbitach geostacjonarnej i geosynchronicznej co zapewni im stałą pozycję względem punktów na Ziemi. W związku z tym nie będą one okrążać kuli ziemskiej lecz będą się obracać równo z nią. Aktualnie na orbicie znajdują się 4 satelity z czego ostatni został wystrzelony 28 marca 2015. Docelowo ma ich być 7 lub 11 a system ma zacząć funkcjonować na przełomie 2015 i 2016 roku.

Poniżej na rysunku przedstawione zostały wszystkie orbity, po których krążą lub mają krążyć satelity z wymienionych powyżej systemów. Dla porównania zaznaczono również inne wykorzystywane orbity:

- ISS – orbita na której znajduje się Międzynarodowa Stacja Kosmiczna (International Space Station);
- Hubble – orbita na której umieszczony został teleskop Hubble’a;
- Iridium – orbita systemu Iridium, jest to system 66 (nie licząc zapasowych) satelitów telekomunikacyjnych rozmieszczonych na sześciu orbitach okołoziemskich;
- GLONASS – system nawigacji z Rosji;
- GPS – system nawigacji ze Stanów Zjednoczonych Ameryki Północnej;
- COMPASS – system nawigacji BeiDou z Chin;
- Galileo – system tworzony przez Unię Europejską oraz Norwegię i Koreę Południową;

- Orbita Geostacjonarna Ziemi – orbita okołozimska, która zapewnia krążącemu po niej satelicie zachowanie stałej pozycji nad wybranym punktem równika Ziemi.



Rysunek 1 Orbity okołozimskie wykorzystane w systemach nawigacji satelitarnej [opracowanie własne]

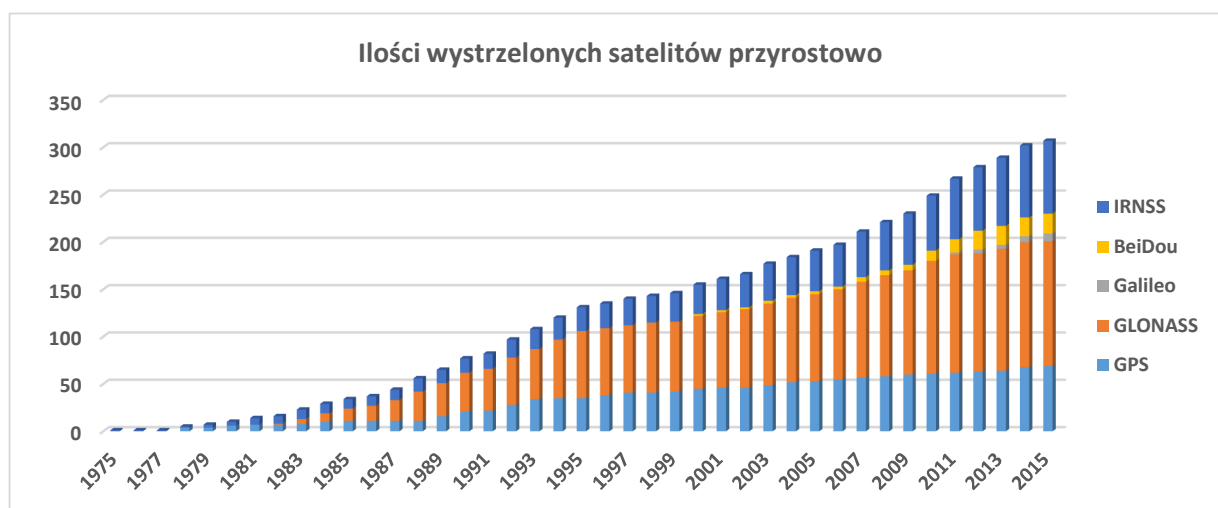
Przez kilkadziesiąt ostatnich lat, poczynając od 1975 roku, wymienione powyżej państwa wprowadziły na orbity ponad 300 satelitów. Aktualnie nieco ponad ¼ z nich pozostaje w stanie operacyjnym i służy do ustalania pozycji. Poniżej zestawilem te wartości w podziale na system i stan satelitów.

	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou	IRNSS	SUMA
operacyjne	31	24	5	14	4	78
testowe/inne	2	4	1	2	35	44
nieaktywne	34	92	2	5	27	160
uszkodzone	2	12	0	0	11	25
RAZEM	69	132	8	21	77	307
% aktywnych	44,9%	18,2%	62,5%	66,7%	5,2%	25,4%

Tabela 1 Ilości wystrzelonych satelitów od 1975 roku [opracowanie własne]

Dodatkowo przedstawiam również wykres przedstawiający dynamikę wynoszenia satelitów na orbity w kolejnych latach. Zaznaczone są na nim poszczególne projekty. Jak można odczytać zarówno z wykresu jak i powyższej tabeli jako pierwsi zaczęli działalność Hindusi i sukcesywnie wystrzelili około 3-4 satelity rocznie. Jednak w okresie panowania żelaznej kurtyny to Rosjanie znacząco podnieśli nakłady na podbój kosmosu i orbitowali nawet około 6-9

satelitów rocznie. Duża część z nich przeszła już w stan spoczynku i stanowi tzw. kosmiczne śmieci. Na ten moment wciąż nie ma opracowanych międzynarodowych procedur postępowania z takimi odpadkami.



Rysunek 2 Ilości wystrzelonych satelitów [opracowanie własne]

2.2.2. Zasada działania GPS

Wyznaczanie pozycji polega na pomiarze czasu propagacji sygnału (pomiar kodowy) oraz przesunięcia fazowego (pomiar fazowy) sygnału nadawanego przez satelitę poruszającego się po znanej orbicie. W nawigacji wykorzystywane są przybliżone współrzędne satelitów nadawane w depeszy nawigacyjnej zakodowanej na transmitowanym sygnale oraz wyłącznie pomiary kodowe (dokładność ok. 30 m). W geodezji w celu zwiększenia precyzji wykorzystuje się pomiary kodowe, pomiary fazowe oraz orbity precyzyjne (współrzędne satelitów z dokładnością około 0,03 m). Na podstawie pomiarów kodowych lub fazowych wyznaczane są odległości satelity – odbiornik. Tak wyznaczona odległość obarczona jest wieloma błędami pomiarowymi spowodowanymi: błędami zegara satelity, błędami zegara odbiornika, wpływem jonosfery, wpływem troposfery, efektami relatywistycznymi. Dlatego w pomiarach nawigacji satelitarnej wykorzystuje się systemy wspomagające, takie jak EGNOS lub serwisy ASG-EUPOS: NAWGEO, KODGEO, NAWGIS. Znajomość odległości do satelitów pozwala na wyznaczenie współrzędnych odbiornika poprzez rozwiązanie przestrzennego wcięcia wstecz. Należy nadmienić iż obserwacje do minimalnie 4 satelitów, pozwalają na wyznaczenie pozycji odbiornika, ponieważ w równaniach występują 4 niewiadome: współrzędne odbiornika XYZ oraz poprawka do zegara odbiornika.

Każdy system nawigacji satelitarnej składa się z trzech segmentów:

- kosmicznego tj. satelitów nadających sygnały nawigacyjne;
- kontrolnego – naziemnych ośrodków monitorujących funkcjonowanie segmentu kosmicznego;
- użytkownika a więc wszystkich odbiorników śledzących segment kosmiczny.

Bardziej szczegółowy opis przedstawię na przykładzie najbardziej popularnego systemu czyli GPS NAVSTAR niemniej jednak zasada działania każdego systemu jest analogiczna do tego.

Segment kosmiczny składa się obecnie z 33 satelitów umieszczonych na orbitach kołowych o nachyleniu 55° lub 63° względem płaszczyzny równika. Obieg Ziemi przez satelitę trwa 11h 58min (pół doby gwiazdowej). Około 31 satelitów jest stale czynnych, a pozostałe są testowane bądź wyłączone z przyczyn technicznych. Satelity, krążące po orbitach ustawione są w ten sposób, że w każdym punkcie globu widoczne są zawsze przynajmniej cztery z nich. Jest to minimalna ilość potrzebna do określenia dokładnej pozycji na Ziemi. Każdy z nich wysyła swój sygnał rozpoznawczy, aktualną pozycję na orbicie i dokładny czas. Zasada wyznaczania pozycji opiera się na pomiarze czasu dotarcia sygnału z satelity do odbiornika, co jest niezbędne do obliczenia odległości pomiędzy odbiornikiem i satelitą. W jaki sposób można zmierzyć ten czas? Po pierwsze wiadomo, w jakim momencie sygnał został wysłany z satelity. Znana jest również chwila dotarcia sygnału do odbiornika. Jednak zegar znajdujący się w odbiorniku nie jest tak dokładny, jak ten umieszczony w satelicie. Różnicę tę można skorygować w oparciu o rezultat pomiaru czasu sygnału z czterech satelitów. Aby więc dokładnie wyznaczyć pozycję odbiornika GPS (szerokość i długość geograficzną oraz wysokość nad poziomem morza), niezbędne jest obliczenie odległości od co najmniej czterech satelitów. Oczywiście im więcej satelitów, tym precyzyjniej można określić pozycję odbiornika.

Drugi segment to segment naziemny. Składa się on z 12 stacji nadzoru rozmieszczonych możliwie blisko i równomiernie na równiku celem ciągłej obserwacji każdego satelity przez co najmniej dwie stacje przez całą dobę. Odpowiada on za utrzymanie sprawności technicznej systemu wyrażającej się niezawodnością i dokładnością odbieranego przez użytkowników sygnału satelitarnego. Zadaniem wszystkich stacji jest ciągłe monitorowanie ruchu satelitów. Obserwacje są wysyłane do głównej stacji nadzoru, gdzie wyliczane są nowe parametry orbit satelitów. Prognozowane trasy są wysyłane do satelitów nie rzadziej niż co 48 godzin i przez nie są retransmitowane. Główna stacja nadzoru mieści się w bazie sił lotniczych Shriever AFB (poprzednio Falcon) w Colorado Springs, USA. Pozostałe stacje

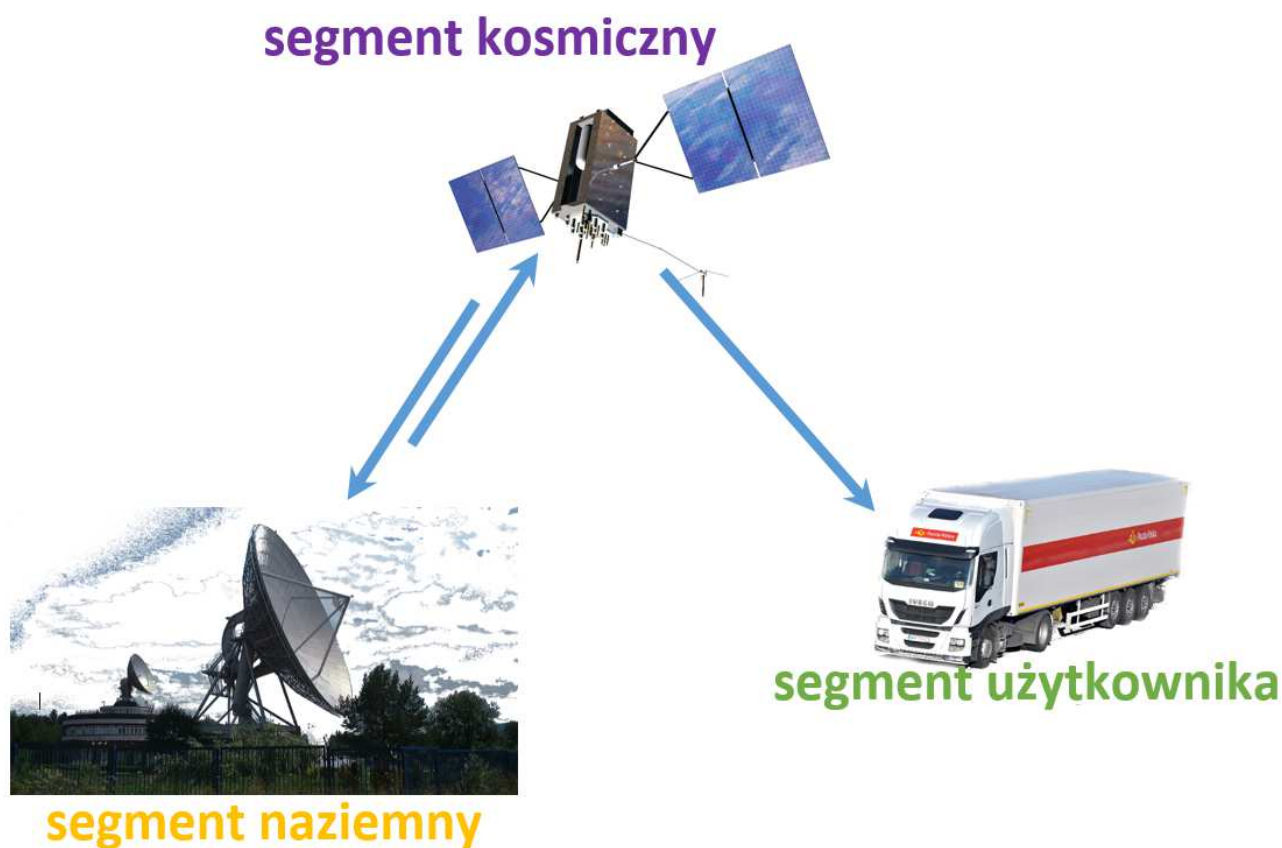
nadzoru prowadzone przez Siły Lotnicze USA ulokowane są na Hawajach, Cape Canaveral, Wyspie Wniebowstąpienia, wyspie Diego Garcia oraz Atolu Kwajalein. Sześć stacji zarządzanych jest przez NGA (National Geospatial-Intelligence Agency) znajduje się w: Waszyngtonie, Ekwadorze, Argentynie, Londynie, Bahrajnie i Australii. Pozycja wyznaczana przy wykorzystaniu sygnałów satelitów jest zawsze obciążona kilkoma rodzajami błędów. Część z nich można zmierzyć i następnie uwzględnić w pomiarach w czasie rzeczywistym. Do tego celu stworzono systemy wspomaganie, które można podzielić na dwie grupy:

- Satelitarne Systemy Wspomagające (SBAS – Satellite Based Augmentation Systems)
- Nziemne Systemy Wspomagania (GBAS – Ground Based Augmentation Systems)

Satelitarne Systemy Wspomagające (SBAS) oferują rozwiązanie transmitujące poprawki dla sygnałów GNSS za pomocą jednego lub kilku satelitów geostacjonarnych (z reguły są to wielofunkcyjne aparaty telekomunikacyjne). Korekty obliczane są na podstawie danych z kilkunastu do kilkudziesięciu stacji pomiarowo-obsługowych, transmitowane do satelity SBAS, a następnie retransmitowane na Ziemię. Niektóre rozwiązania SBAS oferują także informacje o wiarygodności systemów nawigacji. Jest to szczególnie przydatne np. w lotnictwie, żegludzie czy podczas operacji służb ratunkowych.

Naziemne systemy wspomaganie satelitarne (GBAS) charakteryzuje, w porównaniu do SBAS, dużo mniejszy zasięg działania oraz większa dokładność pomiarów i elastyczność. Systemy te oferują usługi w czasie rzeczywistym lub w trybie postprocessingu. Te pierwsze bazują na obliczeniach DGNSS (Differential GNSS) lub bardziej dokładnych RTK (Real-Time Kinematic). Transmisja danych odbywa się przez radio (fale UHF lub VHF) lub Internet (także przez sieci GSM).

Ostatni z segmentów to segment użytkowników. Składa się on z odbiorników GPS oraz społeczności użytkowników. Odbiorniki GPS konwertują sygnały satelitarne na położenie, prędkość i czas. W celu wyznaczenia położenia (X,Y,Z) oraz czasu niezbędne są sygnały pochodzące od 4 satelitów. Nawigacja to podstawowe zadanie GPS. Odbiorniki GPS wykorzystuje lotnictwo, statki, pojazdy naziemne oraz indywidualni użytkownicy. Dokładny czas jest wykorzystywany w obserwatoriach astronomicznych, telekomunikacji, w laboratoriach specjalistycznych (precyzyjne pomiary czasu i częstotliwości), do testowania teorii względności czy do monitorowania względnego ruchu fragmentów skorupy ziemskiej (kontynentów).



Rysunek 3 Segmenty systemu GPS [opracowanie własne]

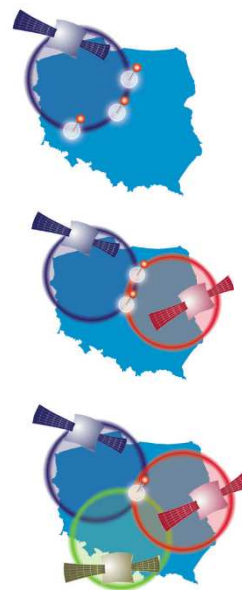
Działanie systemów satelitarnych jest bardzo wrażliwe na przypadkowe lub celowe zakłócenia, a także przeszkody terenowe. Z tego powodu producenci sprzętu inwestują coraz więcej środków w technologie przyspieszające inicjalizację odbiorników lub też umożliwiające wyznaczanie pozycji przy słabym sygnale lub przy jego chwilowym braku. Zaliczyć do nich można m.in.:

- A-GPS (Assisted GPS) – wykorzystanie serwerów operatora sieci komórkowej do skrócenia czasu inicjalizacji odbiornika.

- HiGPS (High Integrity GPS, znane także jako iGPS) – rozwiązanie polegające na retransmisji sygnału GPS przez satelity telekomunikacyjne sieci Iridium. Jego jedynym użytkownikiem jest wojsko.
- INS (Inertial Navigation System – Inercyjny System Nawigacji) – rozwiązanie wspomagające pozycjonowanie satelitarne lub też zastępujące je w przypadku utraty odbioru sygnałów GNSS. W zależności od konfiguracji wykorzystuje ono m.in.: odometry (drogomierze), akcelerometry, żyroskopy itp.
- Triangulacja GSM, COO (Cell of origin) – wyznaczenie położenia telefonu przy wykorzystaniu informacji o najbliższych masztach sieci komórkowych. Dokładność takiego rozwiązania wynosi od kilkudziesięciu do kilkuset metrów i jest z reguły najwyższa w miastach.
- WPS (Wi-Fi Positioning System) – wyznaczanie położenia na podstawie dostępnych sieci Wi-Fi. Bardziej zaawansowana odmiana WPS korzysta z sieci Wi-Fi przeznaczonych specjalnie do pozycjonowania. Technologia ta jest szczególnie przydatna wewnątrz budynków, np. do lokalizowania obiektów lub osób w rozległych halach.

Podczas normalnej eksploatacji po każdej z sześciu różnych orbit poruszają się cztery satelity GPS. W sumie daje to zawsze przynajmniej 24 działające satelity. Istnieje również sześć satelitów rezerwowych, po które można sięgnąć w przypadku awarii jednego lub kilku satelitów bazowych. Aby łatwiej zrozumieć dlaczego konieczne są cztery widoczne satelity do dokładnego ustalenia pozycji odbiornika, prześledźmy po kolei uzyskiwanie informacji z coraz większej ilości satelitów.

- odbiór z jednego satelity – satelita wysyła informację o własnej pozycji; odbiornik GPS oblicza odległość od satelity; na tej podstawie wie, że znajduje się w dowolnym miejscu fioletowego okręgu – z każdego miejsca tego okręgu odległość do satelity jest taka sama.
- odbiór z dwóch satelitów – jeśli nawigacja odbiera sygnały z dwóch satelitów, liczba miejsc, w których znajduje się aktualnie odbiornik, zawęża się do dwóch, które leżą w miejscu przecięcia okręgów wyznaczonych dla każdego satelity.
- odbiór z trzech satelitów – odbierając trzy sygnały satelitarne, odbiornik GPS może obliczyć dokładną pozycję, ponieważ wszystkie okręgi przecinają się tylko w jednym miejscu; niestety, w takiej sytuacji nie ma możliwości określenia wysokości, na której znajduje się odbiornik GPS.
- odbiór z czterech satelitów – dodatkowy sygnał uzyskany z czwartego satelity pozwala na uzyskanie informacji o wysokości odbiornika GPS – w tej chwili urządzenie GPS dysponuje już kompletem informacji.



Rysunek 4 Schemat ustalania pozycji odbiornika GPS [źródło: <http://systemygps.com.pl/>]

Ponadto warto wspomnieć, że w systemie GPS zastosowano dwa poziomy dostępu. Dostęp precyzyjny przeznaczony jest dla sił zbrojnych USA oraz wojsk sprzymierzonych. Dostęp standardowy o mniejszej dokładności wykorzystywany jest przez odbiorców cywilnych. Pierwotnie był on celowo zakłócany pseudolosowym błędem, który uniemożliwiał uzyskanie odczytu precyzyjniejszego niż ok. 100 m, chyba że stosowało się uśrednianie wskazań, prowadząc długotrwały, stacjonarny odczyt. Mechanizm zakłócający odbiór sygnału został wyłączony 1 maja 2000 r. za prezydentury Billa Clintona, dzięki czemu dokładność określania pozycji dla użytkowników cywilnych wzrosła do ok. 4-12 metrów.

2.2.3. Zapis i prezentacja danych

Najważniejszym elementem tej pracy będzie prezentacja danych uzyskanych z przykładowego odbiornika GPS. Ważne jest więc zapoznanie się ze sposobem komunikacji modułu z oprogramowaniem, które go będzie obsługiwać. Na pierwszym etapie odczytu danych układ GPS komunikuje się za pomocą standardu NMEA0183. Został on opracowany przez National Marine Electronics Association, organizację działającą w dziedzinie przemysłu elektroniki morskiej. NMEA0183 jest standardem komunikacji, wymiany danych pomiędzy urządzeniami nawigacji morskiej i śródlądowej. Dane są transmitowane jako 'zdania' zawierające informację jaki instrument je transmituje, jaki typ danych jest transmitowany oraz same dane. Ideą standardu NMEA jest wysyłanie linii danych, w których każda linia zaczyna się od określonego nagłówka i zawiera jakieś informacje wysyłane przez urządzenie, przy czym dane wysyłane są w sposób tekstowy, nagłówek określa, jakie informacje znajdują się w danej linii danych a każda linia jest niezależna od innych. Każda linia tekstu musi spełniać następujące wymagania:

- każda linia musi zaczynać się od znaku \$ i kończyć znakiem nowej linii (\r);
- długość linii nie może przekraczać 80 znaków (+znak początku linii i znak nowej linii – razem 82 znaki);

- dane wysyłane przez odbiornik GPS są w danej linii podzielone znakami przecinka (,);
- dane liczbowe mogą posiadać miejsca ułamkowe (po kropce);
- na końcu linii może znajdować się suma kontrolna w postaci: gwiazdka + 2 znaki HEX;
- każda linia posiada nagłówek (od znaku \$ do pierwszego znaku przecinka).

Przykładowe dane generowane przez odbiornik GPS wyglądają następująco:

```
$GPRMC,183729,A,3907.356,N,12102.482,W,000.0,360.0,080301,015.5,E*6F
$GPRMB,A,,,,,,,,,,,,,V*71
$GPGGA,123519,4807.038,N,01131.000,E,1,08,0.9,545.4,M,46.9,M,,*47
$GPGSA,A,3,02,,,07,,09,24,26,,,,,1.6,1.6,1.0*3D
$PGRME,22.0,M,52.9,M,51.0,M*14
$GPGLL,3907.360,N,12102.481,W,183730,A*33
$PGRMM,WGS 84*06 $GPRMB,A,,,,,,,,,,,,,V*71
```

Przykład 1 Fragment pliku z kodem NMEA0183

Sekwencja GPGGA w powyższym przykładzie to jedna z bardziej istotnych informacji – podaje współrzędne, wysokość oraz czas, dostarcza informacji na temat aktualnego położenia, gdzie:

- GGA – identyfikator nagłówka,
- 123519 – aktualność danych - 12:35:19 UTC,
- 4807.038,N – szerokość geograficzna (latitude) - 48 st. 07.038' N,
- 01131.000,E – długość geograficzna (longitude) - 11 st. 31.000' E,
- 1 – jakość pomiaru,
- 08 – ilość śledzonych satelitów,
- 0.9 – horyzontalna dokładność pozycji (HDOP),
- 545.4,M – wysokość w metrach nad poziom morza,
- 46.9,M – wysokość geoid (powyżej elipsoidy WGS84),
- (puste pole) – czas od czasu ostatniego uaktualnienia DGPS,
- (puste pole) – numer ID stacji DGPS,
- *47 – suma kontrolna.

Urządzenia obsługujące GPS często mają możliwość zapisywania tych danych do późniejszej prezentacji lub opracowywania. Najpopularniejszymi standardami wymiany danych są:

- NMEA – oparty na protokole NMEA 0183;
- GPX – GPS Exchange Format – to ustandaryzowany schemat XML stworzony po to by ułatwić wymianę danych pomiędzy aplikacjami używającymi danych GPS, takich jak POI, punkty nawigacyjne, ścieżki czy trasy;
- KML – Keyhole Markup Language – język znaczników oparty na XML-u, otwarty standard zatwierdzony przez Open Geospatial Consortium pozwalający na wizualizację trójwymiarowych danych przestrzennych.

Najważniejszym z nich, ze względu na istotę działania i komunikacji, jest opisany powyżej standard NMEA0183. Ze względu jednak na cel pracy najistotniejszym będzie standard GPX, który pozwala na łatwą wymianę informacji pomiędzy urządzeniami GPS a aplikacjami internetowymi. Jak wspomniałem powyżej, GPX to schemat XML. Składa się on ze ściśle określonych tagów, o z góry określonej kolejności występowania w strukturze pliku. Korzystając z plików generowanych przez aplikacje właśnie w tym formacie, znacząco zmniejszamy ilość zapisywanych informacji. W porównaniu z NMEA GPX zapisuje tylko informacje istotne do dalszej prezentacji danych. NMEA z kolei zapisuje wszystkie komunikaty przekazywane przez moduł GPS w tym również informacje techniczne o statusie urządzenia, o sile sygnału, o jego poprawności itp. Przykładowy fragment pliku GPX poniżej:

```
<trk>
  <trkseg>
    <trkpt lat="50.020733333333325" lon="20.05177333333333">
      <ele>167.0</ele>
      <time>2015-05-04T04:26:05Z</time>
      <course>172.98</course>
      <speed>2.581332</speed>
      <src>gps</src>
      <sat>10</sat>
    </trkpt>
  </trkseg>
</trk>
```

Przykład 2 Fragment pliku z kodem GPX

Większość z elementów takiego zapisu wydaje się dość intuicyjna i na pierwszy rzut oka widać co reprezentują. Najważniejsze do celu pracy będą współrzędne geograficzne czyli „lat” (latitude – szerokość geograficzna) i „lon” (longitude – długość geograficzna). Pozostałe elementy to:

- <trk> - obejmuje całą zapisaną w pliku trasę; w przypadku kilku tras, np. z kilku różnych dni, każda trasa będzie zapisana pomiędzy kolejnymi znacznikami 'trk';
- <trkseg> - przedstawia fragment trasy składający się z punktów połączonych ze sobą logicznie w całość; w przypadku utracenia sygnału, lub wyłączenia urządzenia GPS trasa będzie dzielona na segmenty;
- <trkpt> - jest to najmniejszy fragment trasy czyli pojedynczy punkt, w którym zostały odczytane współrzędne geograficzne;
- <ele> - jest to wysokość (elevation) nad poziomem morza mierzona w metrach;
- <time> - czas uzyskania pomiaru wg. czasu UTC;
- <course> - kierunek, w którym poruszało się urządzenie GPS;
- <speed> - prędkość chwilowa odbiornika GPS mierzona w metrach na sekundę;
- <src> - określa źródło uzyskania informacji, oprócz GPS mogą to być również wieże GSM lub sieci WiFi;
- <sat> - jest to informacja nt. ilości satelitów użytych do wyznaczenia pozycji.

Dzięki ogólnie narzuconej strukturze można mieć pewność, że poszukiwane informacje znajdują się w pliku zawsze w tym samym miejscu co jest niezwykle ważne podczas tworzenia aplikacji przetwarzających takie pliki. Dodatkowo, dzięki temu, że jest to plik korzystający z formatu XML, w sieci można znaleźć bardzo dużo narzędzi pomocnych przy przetwarzaniu informacji w nim zawartych.

Trzeci z formatów to KML – pierwotnie format ten został stworzony do wyświetlania obiektów w trójwymiarowych przeglądarkach Ziemi takich jak Google Earth. Obecnie format ten jest obsługiwany przez wiele dwuwymiarowych klienckich przeglądarek internetowych, między innymi przeglądarkę map. Format KML posiada pewne funkcje, które nie działają na ekranach dwuwymiarowych oraz pewne ograniczenia obsługi przez klienckie przeglądarki internetowe. Podobnie jak GPX, ten format również opiera się na języku XML. Ponieważ jednak jest on bardziej rozbudowany od GPX'a i zapisuje w pliku dużo zbędnych informacji to nie będzie on wykorzystany podczas tego projektu.

W dalszej części pracy przedstawię dokładniej sposoby przetwarzania uzyskanych plików oraz opracowywania informacji w nich zawartych. Zaprezentuję również konkretne metody, dzięki którym z pliku tekstowego możliwe będzie przejście do prezentacji graficznej przedstawiającej przebytą trasę a także sterowanie zakresem czasu z jakiego trasy mają być wyświetlane.

2.3. Wykorzystanie oprogramowania typu Open Source

Ostatnią istotną kwestią jaką pragnę poruszyć w tym rozdziale to tzw. Wolne Oprogramowanie – Open Source. Niejako łączy ono istotę wcześniejszych części pracy, poruszając zarówno kwestie ekonomii – zwłaszcza w zagadnieniu poszukiwania oszczędności, jak i prawie nieograniczonych możliwości wykorzystania potencjału współczesnej techniki do osiągnięcia zamierzonego celu opisywanego tu projektu. Oprogramowanie Open Source to oprogramowanie o otwartych źródłach. Oprogramowanie takie dostępne jest razem z kodami źródłowymi, dzięki czemu możemy swobodnie dostosować go do własnych potrzeb, dopisywać nowe możliwości i poprawiać dostrzeżone błędy. Podstawowa idea Open Source jest bardzo prosta – jeśli za pomocą Internetu programiści z całego świata mogą razem uczestniczyć w procesie ulepszania oprogramowania, gwarantuje to błyskawiczny rozwój aplikacji. Z tego powodu wytwarzany produkt jest w efekcie lepszy niż tradycyjny zamknięty model, gdzie tylko kilku programistów ma wgląd w kod źródłowy, a wszyscy inni muszą korzystać z gotowych, zamkniętych oraz uniemożliwiających wszelką modyfikację aplikacji. Brak jakichkolwiek opłat licencyjnych sprawia, że całkowity koszt jest zdecydowanie niższy niż w przypadku komercyjnych rozwiązań. Praktycznie każdy może pobrać i użytkować wybraną aplikację. Opłacie podlega jedynie wdrożenie, szkolenie personelu oraz rozbudowa systemu. W konsekwencji wykorzystanie rozwiązań typu Open Source znacznie zmniejsza wydatki. Dzięki otwartości kodu nie jest się już uzależnionym od dostawcy oprogramowania. Praktycznie każdy programista czy też firma programistyczna specjalizująca się w technologii, w której stworzona jest dana aplikacja, może świadczyć dalsze usługi dla przedsiębiorstwa. W przypadku zamkniętych komercyjnych rozwiązań, oprogramowanie z czasem przestaje spełniać wymogi rynku. W takich sytuacjach wydawane są nowe wersje lub dodatki, za które klient musi zapłacić. Open Source gwarantuje stały, darmowy dostęp do najnowszych aktualizacji.

Dość częstym zarzutem, podnoszonym pod adresem rozwiązań Open Source, jest kwestia jego bezpieczeństwa. Argumentuje się, że skoro oprogramowanie jest ogólnodostępne, to każdy może zajrzeć do środka i wyłapać błąd, który umożliwi mu np. włamanie na serwer internetowy obsługiwany przez wadliwie działający program. Ile prawdy jest w powyższych stwierdzeniach? Otóż otwartość źródeł istotnie stwarza takie możliwości, jak opisano powyżej. Jest to jednak zaleta, a nie wada. Kupując oprogramowanie zamknięte, nigdy nie ma się stuprocentowej pewności, czy producent nie umieścił w nim kodu, który w jakiś sposób jest szkodliwy. Oprogramowanie otwarte, jakkolwiek nie wyklucza takiej możliwości, to jednak znacznie ją minimalizuje. W przypadkach skrajnych można po prostu przejrzeć podejrzany fragment kodu i sprawdzić, czy nie zawiera on poleceń, które w jakiś sposób są niebezpieczne dla naszych danych. Błędy w oprogramowaniu zamkniętym usuwane są czasem na żądanie klientów, czasem w momencie wypuszczenia nowej wersji programu, a czasem nigdy. W oprogramowaniu otwartym, błąd usuwany jest zazwyczaj bezpośrednio po jego wykryciu. A jeśli dysponuje się odpowiednimi kwalifikacjami można błąd usunąć samodzielnie.

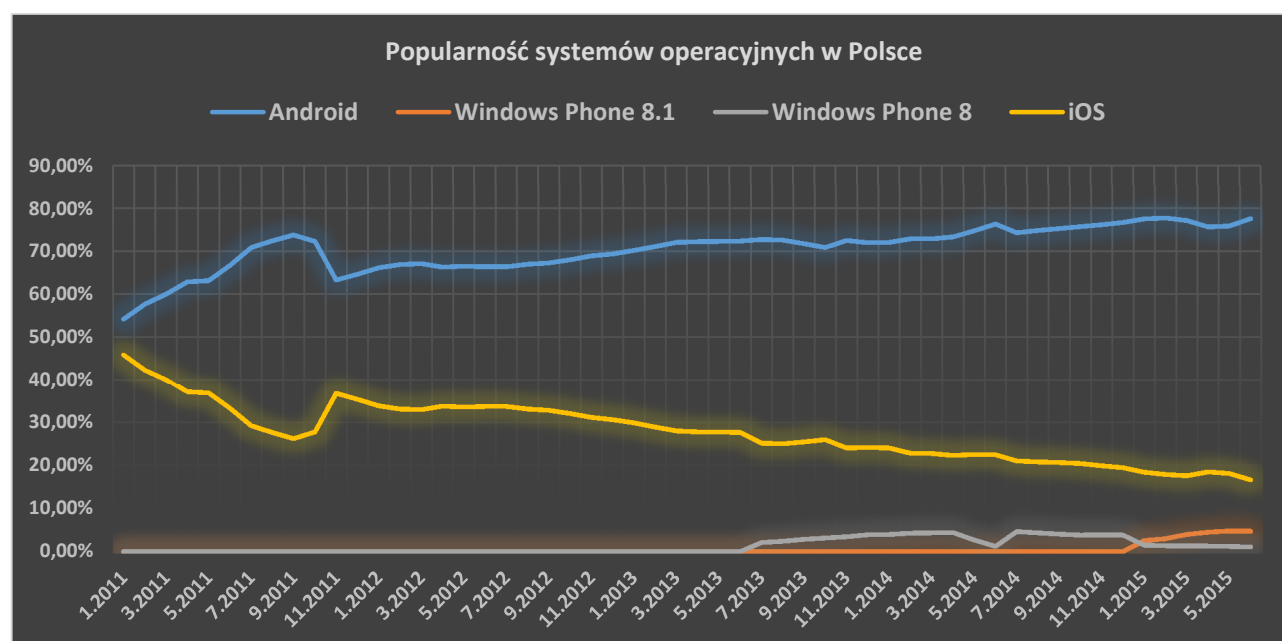
Mając na uwadze powyższe zalety oprogramowania otwartego wydaje się być oczywiste, że z takiego rozwiązania warto korzystać zwłaszcza przy dużych projektach oraz tam gdzie szuka się oszczędności. W kolejnym rozdziale omówię dokładnie narzędzia, które zostaną przeze mnie wykorzystane. Prawie wszystkie wymienione będą należeć właśnie do grupy Open Source.

3. OPIS ŚRODOWISKA PROGRAMISTYCZNEGO

3.1. Smartfon z systemem Android

Pierwszym elementem niniejszego projektu będzie urządzenie stanowiące swego rodzaju podstawę. Będzie to smartfon z systemem Android. Czym więc jest smartfon? Można powiedzieć, że jest to połączenie telefonu komórkowego z komputerem przenośnym i z ekranem dotykowym. Dodatkowo standardowo wyposażony jest w aparat cyfrowy oraz szereg elementów ułatwiających komunikację z innymi urządzeniami. Zazwyczaj posiada w standardzie również moduł GPS. Na pytanie dlaczego akurat smartfon, a nie dedykowane urządzenie GPS, odpowiedź stanowi jego popularność. Coraz więcej osób posiada przynajmniej jednego smartfona. Wg badań TNS Polska w 2015 roku aż 60 procent Polaków będzie korzystać z tego typu urządzeń¹. W związku z powyższym w większości przypadków chęć wykorzystania go nie będzie generować dodatkowych kosztów. Prawdopodobnie, wśród kierowców ten typ urządzenia jest jeszcze bardziej popularny z uwagi na posiadanie wspomnianego modułu GPS oraz szeroko dostępnych, darmowych map nawigacyjnych.

Następnie trzeba również odpowiedzieć na pytanie dlaczego akurat system operacyjny Android. Tu podobnie jak powyżej decyduje jego popularność. Poniżej prezentuję wykres obrazujący popularność systemów operacyjnych w smartfonach w Polsce od stycznia 2011 roku. Jak łatwo zaobserwować, już od samego początku system Android skupiał ponad połowę użytkowników smartfonów. W ostatnim czasie (maj 2015) przewaga zwiększyła się aż do ponad 77,5%.



Rysunek 5 Popularność systemów operacyjnych w Polsce [opracowanie własne]

W trendach światowych również można zauważyć tę tendencję. Wg analityków z firmy badawczej Strategy Analytics w pierwszym kwartale 2015 roku udział systemu Android w globalnym rynku systemów operacyjnych dla smartfonów wyniósł 79%². Zdecydowanie największym powodem tego sukcesu jest fakt, że działa on na praktycznie dowolnej konfiguracji sprzętowej. Dzięki temu mogą go wykorzystywać nie tylko ogromne korporacje, ale też małe, azjatyckie firmy tworzące najtańsze i najmniej rozbudowane smartfony. Komfort korzystania z nich jest co najmniej dyskusyjny, jednak ze względu na niską cenę, wynoszącą zaledwie kilkadziesiąt, a czasami nawet i kilkanaście dolarów, zdobywają one ogromną popularność w krajach rozwijających się. Kolejna ogromna zaleta systemu Android wynika właśnie z jego powszechności. Programiści widząc, jak ogromna rzesza ludzi używa systemu spod znaku zielonego robota, bardzo chętnie tworzą aplikacje na niego. Obecnie praktycznie wszystkie popularne programy są tworzone w pierwszej kolejności właśnie z myślą o urządzeniach działających pod kontrolą oprogramowania Google.

Dzięki tym zaletom można wybierać w wielu dowolnych konfiguracjach urządzenia mając pewność, że na każdym z nich będzie można uruchomić te same aplikacje i dodatki. Co ważniejsze mamy pewność, że tak samo będzie można je skonfigurować na każdym urządzeniu. Jest to niezwykle ważne w sytuacji, w której chcielibyśmy zestandaryzować oprogramowanie do namierzania pojazdów floty w firmie. Bardzo możliwe, że wśród np. 40 kierowców mielibyśmy 20 lub więcej różnych modeli smartfonów. Mimo tej różnorodności konfiguracja sprzętu i oprogramowania wyglądałaby tak samo. Jest to ponadto oszczędność czasu pracowników, którzy mieliby te urządzenia nastawiać. Po kilku razach robiliby to już bez zastanawiania się i bez błędów. Dodatkowo, już w fazie wdrażania rozwiązania w firmie, byłaby

¹ Raport „Marketing mobilny w Polsce 2013-2014” wykonany we współpracy portalu jestem.mobi oraz TNS Polska

² Raport „Global Smartphone OS shares in Q1 2015” opracowany przez Strategy Analytics

to okoliczność łagodząca lęki pracowników przed zmianami. Te obawy psychologiczne przed czymś nowym, przed nieznanym są zawsze obecne. Dzięki wykorzystaniu elementów, które użytkownicy używają na co dzień, uzyskamy ich większą pewność siebie a wprowadzając nowy system mieliby oni odczucie, że go dobrze znają.

3.2.Układ GPS

Kolejnym istotnym elementem jest układ GPS zastosowany w urządzeniu. Jak wspomniałem w poprzedniej części pracy, w dzisiejszych smartfonach jest on już wyposażeniem standardowym. Poza telefonami typu smartfon możemy również wyróżnić inne typy urządzeń. Ogólnie rzecz ujmując, dostępne urządzenia nawigacji satelitarnej dzielimy na:

- dedykowane odbiorniki nawigacyjne;
- moduły GPS;
- rejestratory trasy;
- urządzenia z wbudowanymi odbiornikami.

Dedykowane odbiorniki nawigacyjne posiadają różny stopień mobilności. Możemy wymienić tutaj np. odbiorniki ręczne. Idealnie pasują one na piesze wędrówki czy jazdę rowerem. Dobrze sprawdzają się podczas wszelkiego rodzaju aktywności, np. podczas uprawiania sportu. Ich ekrany są zdecydowanie mniejsze niż innych urządzeń tego typu oraz często nie są kolorowe. Mapy w takich urządzeniach są też zdecydowanie mniej zaawansowane. Często stosowanymi urządzeniami pozycjonowania satelitarnego są odbiorniki w samochodach. Charakteryzują się one posiadaniem dużych ekranów oraz dużym stopniem zaawansowania, który zależy w dużej mierze od zainstalowanego oprogramowania z mapami. Ponadto, często spotykamy również nawigacje motocyklowe oraz wodne, a także inne urządzenia nawigacyjne związane z konkretnymi zastosowaniami nawigacji GPS.

Moduły nawigacji satelitarnej umożliwiają korzystanie z systemu nawigacji w komputerach, laptopach, urządzeniach PDA, tabletach czy smartfonach, które standardowo nie zostały wyposażone w żadne układy GPS. Moduł taki może być podłączony za pomocą gniazda USB, połączenia Bluetooth, złącza PCMCIA lub ExpressCard. Do korzystania z nawigacji przy wykorzystaniu modułu, wymagane jest również specjalne oprogramowanie.

Zadaniem *rejestratora trasy* jest dokładny zapis przebytej ścieżki, którą następnie możemy odtworzyć w laptopie czy komputerze. Urządzenie to ma również możliwość zapamiętania określonej pozycji, np. miejsce, w którym zrobiliśmy ciekawe zdjęcie, lub zobaczyliśmy coś interesującego. Często urządzenia te mogą być również wykorzystane jako zewnętrzny moduł. Tego typu urządzenia charakteryzują się małymi rozmiarami oraz długim czasem działania.

Wraz ze wzrostem mocy obliczeniowej telefonów komórkowych, zaczęto w nich instalować odbiorniki do nawigacji satelitarnej. Odbiorniki takie mogą być montowane zarówno wewnątrz telefonu, jak i w postaci zewnętrznych odbiorników (łączone z telefonem zwykle za pomocą protokołu Bluetooth). Niektóre telefony wyposażone są w tzw. A-GPS. Umożliwia on skrócenie czasu wyznaczania pozycji poprzez łączenie się z serwerami operatora sieci. Bez A-GPS nawigacja w telefonie również będzie działać, jednak pierwsze „łączenie z satelitami” będzie trwało dłużej.

Jak widać na powyższych przykładach, możliwości układów GPS montowanych w różnych urządzeniach są inne. Im więcej funkcji posiada dany moduł tym oczywiście lepiej. Będzie się to przekładało bezpośrednio na precyzyjność określenia lokalizacji. Najważniejszy jest układ, na jakim został oparty odbiornik. To od niego zależą takie parametry, jak czułość czy liczba obsługiwanych kanałów, co przekłada się na funkcjonalność użytkowania. Im większa czułość i liczba kanałów, tym odbiornik GPS jest dokładniejszy i lepiej radzi sobie z ustaleniem pozycji w trudnych warunkach, takich jak na przykład w lesie czy na drodze między wysokimi budynkami. W praktyce można założyć, że odbiornik ma wysoką czułość, gdy wynosi ona około -159 dBm (im większa wartość na minusie, tym lepiej). Jeśli chodzi o liczbę kanałów, to dobrze, gdy urządzenie potrafi obsługiwać ich co najmniej 20. Dla jednoczesnego odbioru sygnału z kilku satelitów lub sygnału o dwóch częstotliwościach z jednego satelity, stosuje się odbiorniki dwóch rodzajów. Pierwszy z nich to odbiorniki multi-channel (wielokanałowe) – składają się one z określonej liczby niezależnych kanałów a każdy jest przystosowany do odbierania i przetwarzania sygnałów z jednego satelity. Procesy odbioru i przetwarzania sygnałów są prowadzone w takim wielokanałowym odbiorniku jednocześnie. Obserwacje mogą być wykonywane z częstotliwością sekundową. Drugi rodzaj to odbiorniki multi-plexing – te odbiorniki składają się z jednego lub wielu kanałów, z których każdy może odbierać poszczególne sygnały z satelitów. Obserwacje wykonywane są z częstotliwością milisekundową. Ważnym parametrem odbiorników GPS jest też czas potrzebny na ustalenie przez moduł pozycji. Tak zwany „zimny start”, potrzebny do ustalenia pozycji geograficznej przez długo nieużywany odbiornik lub odbiornik uruchomiony w miejscu odległym od miejsca jego wyłączenia, wynosi zwykle kilkadziesiąt sekund. „Ciepły start” z kolei, oznaczający ustalenie pozycji po chwilowej utracie sygnału, na przykład po wyjechaniu z tunelu, jest znacznie krótszy – od 1 do 10 sekund. Oczywiście im czasy te są krótsze, tym lepiej. Kolejny istotny element to energochłonność modułu. Starsze typy modułów mogą wyczerpać całą baterię w telefonie w czasie krótszym niż jedna godzina. Nowsze chipy posiadają tryb „micropower”, który pozwala na korzystanie z GPS w telefonie nawet przez kilka godzin bez przerwy. Dodatkowo moduł powinien umożliwiać nawigację zarówno na zewnątrz, jak i wewnątrz budynków. Dokładność lokalizacji, uzyskana w danym chipie bierze się też z liczby systemów, z których pozyskuje on informacje. Powinien odbierać nie tylko sygnały systemu GPS ale też sieci komórkowych, hot-spotów Wi-Fi oraz żyroskopów, akcelerometrów, krokomierzy i wysokościomierzy. Żyroskopy, wysokościomierze, akcelerometry i krokomierze są coraz częstym wyposażeniem dodatkowym smartfonów; zwłaszcza tzw. modeli dla aktywnych. W momencie osłabienia bądź zaniku sygnałów GPS lub komórkowych, np. podczas przebywania wewnątrz budynków o konstrukcji z dużą ilością metalu, włączane są funkcje triangulacji przy użyciu innych źródeł sygnału, jak hot-spoty.

Jak widać powyżej, rodzajów urządzeń jest wiele. W tym projekcie, wybór jeszcze raz pada na smartfona. Ponownie czynnikiem decydującym jest jego rosnąca popularność i fakt, że system operacyjny smartfona dostarcza większą ilość

narzędzi konfiguracyjnych oraz pozwala na większe dopasowanie aplikacji wykorzystanych w tej pracy. Dodatkowym atutem jego popularności jest to, że producenci coraz więcej wysiłku wkładają w obsługę nawigacji satelitarnej i już niejako w standardzie jest możliwość korzystania w nim z wyżej wymienionych systemów wspomagających ustalanie pozycji. Dzięki temu spisują się one coraz lepiej zarówno w otwartych przestrzeniach jak i wewnątrz pojazdów czy budynków.

3.3. Aplikacja do zbierania danych

W chwili gdy mamy już ustaloną podstawę sprzętową tworzonego projektu można skupić się na stronie oprogramowania. Tu pierwszym krokiem będzie wybranie aplikacji, która wybrany sprzęt obsłuży. Konieczne będzie aby mogła ona wykorzystać w pełni funkcje wybranego układu GPS i aby się z nim prawidłowo komunikowała. Ponadto ważne będzie aby obsługiwała ona wybrany format zapisu danych i by zapewniała komunikację z serwerem, na który dane będą przesyłane.

Ponieważ w poprzednich częściach pracy wybrany został smartfon z systemem Android to aplikację spełniającą wszystkie wymagania będziemy poszukiwać w sklepie z aplikacjami Google Play. Skupimy się oczywiście na tych, które są bezpłatne aby konsekwentnie, na każdym etapie pracy szukać oszczędności i ograniczać ewentualne koszty. Pamiętać należy, że celem tej pracy jest stworzenie systemu, który będzie pobierał dane od nawet kilkuset kierowców. Gdyby konieczne było wykupienie licencji na daną aplikację dla każdego z nich to koszty wzrosłyby znacząco.

Aby wybrać program, który najlepiej spełni wymagania projektu, postanowiłem wybrać kilka z dostępnych i porównać je ze sobą. Obrąłem więc poniższe kryteria i następnie każdemu z nich przyznałem odpowiednie wagi. Wagi były dobierane wg istotności danej cechy dla niniejszej pracy.

1. Autostart – cecha uwzględniająca możliwość automatycznego uruchomienia aplikacji i rozpoczęcia zapisywania trasy po włączeniu urządzenia. Jedną z ważniejszych cech gdyż w przypadku rozładowania baterii w telefonie i podpięciu go do ładowarki samochodowej użytkownik nie musi pamiętać o ponownym uruchomieniu programu – aplikacja zrobi to za niego.
2. Łatwe włączenie i wyłączenie – odnosi się do rozpoczęcia i zakończenia zbierania danych po uruchomieniu aplikacji. Istotne jest aby ta czynność była łatwo dostępna i nie zabierała użytkownikowi wiele czasu. Najlepiej gdy da się to wykonać za pomocą 1 – 2 ruchów.
3. Działanie aplikacji w tle – jest to jedna z trzech kluczowych cech jakie są wymagane. Bardzo ważne jest aby działanie aplikacji nie było zakłócanie przez inne programy działające w telefonie. Równie istotne jest aby móc swobodnie korzystać z telefonu – prowadzenie rozmowy lub pisanie smsa nie może przerywać ani zakłócać zapisywania przebytej trasy.
4. Brak mapy – przez to kryterium należy rozumieć pośrednio rozmiar aplikacji oraz przesyłanych danych. Samo już korzystanie z mapy w telefonie zużywa jego zasoby systemowe. Dodatkowo większość tych map jest dostępna tylko podczas połączenia WiFi lub połączenia z siecią komórkową za co mogą być naliczane dodatkowe opłaty za transfer danych.
5. Zapis do pliku GPX – jest to drugie priorytetowe wymaganie. Jest to format w jakim dane będą przekazywane na serwer. Jeśli nie ma tej możliwości to aplikacja jest w zasadzie bezużyteczna (oczywiście dla potrzeb tego projektu).
6. Własna nazwa pliku – parametr ten określa możliwość ustawiania schematów nazw tworzonych plików gpx. Jest on o tyle ważny, że przy zaczytywaniu zawartości plików do bazy danych, jego nazwa może od razu nam mówić o urządzeniu, z którego dane pochodzą. Może również oznaczać kierowcę, który jest właścicielem telefonu lub samochód, w którym smartfon jest używany. Skraca to całkowity czas przetwarzania danych, gdyż proces, który będzie je analizował nie musi sprawdzać zawartości pliku aby wiedzieć skąd one pochodzą. Przy większej ilości kierowców/urządzeń każda milisekunda przekłada się na ogólną wydajność systemu.
7. Wgranie na FTP – jest to trzecia podstawowa funkcjonalność jaka jest wymagana od aplikacji. Serwer FTP będzie miejscem, do którego będą przesyłane pliki z zapisanymi trasami w formacie gpx. Niektóre aplikacje oferują tylko zapis do chmury DropBox lub przesyłanie na maila jednak tu wymagany będzie dostęp do ftp.
8. Brak logowania bez ruchu – nie jest to opcja wymagana. Jej istnienie ogranicza ilość logowanych do pliku danych. Działa ona w taki sposób, że jeśli kolejne odczytane współrzędne geograficzne są takie same jak poprzednie to są one pomijane i nie są dołączane do pliku gpx. Ewentualny czas pobytu w jednym miejscu i tak będzie możliwy do odczytania z sygnatur czasowych dołączanych do każdego logowanych współrzędnych.
9. Pomijanie skoków współrzędnych – funkcja przydatna do ciągłej prezentacji danych na mapie. Dotyczy to sytuacji, w których odbiornik, z racji gorszych warunków, podaje niedokładne współrzędne. Różnica w dokładności może wynosić nawet kilkadziesiąt metrów co po przełożeniu na wykres trasy może objawiać się skokiem odbiegającym od kursu nawet o kilka przecznic w terenie zabudowanym. W związku z tym, koordynaty, które różnią się od poprzednio odczytanych, są ignorowane.
10. Czytelność GUI – dotyczy ogólnego wyglądu interfejsu użytkownika. Im łatwiej jest się poruszać po aplikacji i im bardziej intuicyjna jest jej obsługa tym lepiej. Jest to ocena subiektywna w związku z czym ma ona mniejszą wagę.
11. Ocena ważona Google Play – w serwisie Google Play każda aplikacja jest oceniana przez użytkowników pod kątem ich zadowolenia, spełnienia ich oczekiwań w stosunku do aplikacji, jej niezawodności, poprawności działania i funkcjonalności. Ocena ta jest zależna od ilości użytkowników, którzy danej aplikacji wystawili ocenę. Jak łatwo zauważyć, przykładowa ocena 4,0 wystawiona przez jednego użytkownika jest mniej

miarodajna niż ta sama ocena wystawiona przez kilka tysięcy osób. W związku z tym, aby łatwo można było to przeliczyć, podawane są wartości ważne ujemne. Im bliżej zera tym lepiej, im bliżej -5 tym gorzej.

Do testów zostały wybrane poniższe aplikacje:

- GPX Logger – autorstwa Ear to Ear Oak;
- GPS Logger – autorstwa BasicArtData;
- GPS Status & Toolbox – autorstwa MobiWIA – EclipSlim;
- Open GPS Tracker – autorstwa René de Groot;
- GPS Logger for Android – autorstwa Mendhak;
- GPS Logger – autorstwa Peter Ho;
- GeoTracker – autorstwa Ilya Bogdanovich;
- Ultra GPS Logger – autorstwa Flash Light.

W poniższych tabelach zaprezentowane są wyniki jakie w teście uzyskały poszczególne aplikacje.





						
			GPX Logger	GPS Logger	GPS Status & Toolbox	Open GPS Tracker
			<i>Ear to Ear Oak</i>	<i>BasicArtData</i>	<i>MobiWIA - EclipSlim</i>	<i>René de Groot</i>
Lp.	kryterium	skala				
1	Autostart	[0;1]	0	0	1	1
2	Łatwe włączenie/wyłączenie	[0;1]	1	1	0	0
3	Działanie aplikacji w tle	[0;1]	1	1	1	1
4	Brak mapy	[0;1]	1	1	0	0
5	Zapis do pliku GPX	[0;1]	1	0	0	0
6	Własna nazwa pliku	[0;1]	0	0	0	0
7	Wgranie na FTP	[0;1]	0	0	0	0
8	Brak logowania bez ruchu	[0;1]	0	0	0	1
9	Pomijanie skoków współrzędnych	[0;1]	0	0	0	1
10	Czytelność GUI	[1-5]	4	5	4	3
11	Ocena użytkowników Gogole Play	[1-5]	4,2	4,1	4,5	4,1
12	Ilość oddanych głosów	[1-99999999]	111	40	115314	2884
13	Ocena ważona Google Play	[-5-0]	-0,03784	-0,10250	-0,00004	-0,00142
Lp.	kryterium	waga [1-5]	GPX Logger	GPS Logger	GPS Status & Toolbox	Open GPS Tracker
1	Autostart	4	0	0	4	4
2	Łatwe włączenie/wyłączenie	3	3	3	0	0
3	Działanie aplikacji w tle	5	5	5	5	5
4	Brak mapy	4	4	4	0	0
5	Zapis do pliku GPX	5	5	0	0	0
6	Własna nazwa pliku	3	0	0	0	0
7	Wgranie na FTP	5	0	0	0	0
8	Brak logowania bez ruchu	2	0	0	0	2
9	Pomijanie skoków współrzędnych	3	0	0	0	3
10	Czytelność GUI	1	4	5	4	3
11	Ocena ważona Google Play	2	-0,075676	-0,205000	-0,000078	-0,002843
SUMA:			20,924324	16,795000	12,999922	16,997157

Tabela 2 Porównanie aplikacji ze sklepu Google Play - cz. I [opracowanie własne]





						
			GPS Logger for Android	GPS Logger	GeoTracker	Ultra GPS Logger
<i>Lp.</i>	<i>kryterium</i>	<i>skala</i>	<i>Mendhak</i>	<i>Peter Ho</i>	<i>Ilya Bogdanovich</i>	<i>Flash Light</i>
1	Autostart	[0;1]	1	0	0	0
2	Łatwe włączenie/wyłączenie	[0;1]	1	1	1	1
3	Działanie aplikacji w tle	[0;1]	1	1	1	1
4	Brak mapy	[0;1]	1	0	0	0
5	Zapis do pliku GPX	[0;1]	1	0	1	1
6	Własna nazwa pliku	[0;1]	1	0	1	1
7	Wgranie na FTP	[0;1]	1	0	0	1
8	Brak logowania bez ruchu	[0;1]	1	0	0	1
9	Pomijanie skoków współrzędnych	[0;1]	1	0	0	1
10	Czytelność GUI	[1-5]	5	3	4	2
11	Ocena użytkowników Gogle Play	[1-5]	4,1	3,8	4,4	3,9
12	Ilość oddanych głosów	[1-9999999]	3022	120	5144	1633
13	Ocena ważona Google Play	[-5-0]	-0,00136	-0,03167	-0,00086	-0,00239
<i>Lp.</i>	<i>kryterium</i>	<i>waga [1-5]</i>	GPS Logger for Android	GPS Logger	GeoTracker	Ultra GPS Logger
1	Autostart	4	4	0	0	0
2	Łatwe włączenie/wyłączenie	3	3	3	3	3
3	Działanie aplikacji w tle	5	5	5	5	5
4	Brak mapy	4	4	0	0	0
5	Zapis do pliku GPX	5	5	0	5	5
6	Własna nazwa pliku	3	3	0	3	3
7	Wgranie na FTP	5	5	0	0	5
8	Brak logowania bez ruchu	2	2	0	0	2
9	Pomijanie skoków współrzędnych	3	3	0	0	3
10	Czytelność GUI	1	5	3	4	2
11	Ocena ważona Google Play	2	-0,002713	-0,063333	-0,001711	-0,004776
SUMA:			39,002713	11,063333	38,997287	10,936667

Tabela 3 Porównanie aplikacji ze sklepu Google Play - cz. II [opracowanie własne]

Po zestawieniu wyników końcowych otrzymujemy poniższą klasyfikację:

Nazwa programu	Producent	Łączna ilość punktów	Zajęte miejsce
GPX Logger	<i>Ear to Ear Oak</i>	20,924324	3
GPS Logger	<i>BasicArtData</i>	16,795000	6
GPS Status & Toolbox	<i>MobiWIA - EclipSim</i>	12,999922	7
Open GPS Tracker	<i>René de Groot</i>	16,997157	5
GPS Logger for Android	<i>Mendhak</i>	38,997287	1
GPS Logger	<i>Peter Ho</i>	10,936667	8
GeoTracker	<i>Ilya Bogdanovich</i>	19,998289	4
Ultra GPS Logger	<i>Flash Light</i>	27,995224	2

Tabela 4 Zestawienie wyników porównania aplikacji [opracowanie własne]

W związku z powyższymi wynikami dalsza praca będzie się opierała na wykorzystaniu aplikacji GPS Logger for Android autorstwa Mendhak. Dzięki temu będziemy mieć wszystkie wymagane funkcjonalności pożądane w aplikacji oraz dodatkowo funkcje, które nie są konieczne jednak będą znacznie ułatwiać użytkowanie programu i będą wpływać na szybkość działania innych procesów w całym projekcie.

3.4. Serwer dla aplikacji web

Kolejnym elementem infrastruktury potrzebnym do realizacji projektu jest serwer www oraz domena internetowa. Jednym z wymogów aplikacji jest możliwość sprawdzania monitorowanych pojazdów z poziomu przeglądarki internetowej, zarówno w miejscu pracy – wewnątrz sieci WAN, jak również poza nią, za pomocą smartfonów, tabletów czy komputerów i laptopów poza siecią firmową. W tym celu konieczne jest przygotowanie serwera www, który będzie dostępny z każdego miejsca na Ziemi. Można to zrobić wykorzystując zasoby firmy lub w oparciu o serwery zewnętrzne. Jeśli jednak serwer ma być wykorzystany jedynie do tej funkcjonalności to lepiej będzie wykorzystać firmy hostingowe. Optymalna konfiguracja serwera www, wraz ze wszystkimi wymaganymi opcjami to koszt już od 40,00 zł rocznie. W tej kwocie nie da się zapewnić funkcjonowania serwera we własnej firmie. Same koszty zużywanej energii elektrycznej takiego serwera, którego dostępność jest wymagana 24 godziny na dobę i 7 dni w tygodniu, będą kilkakrotnie wyższe od podanej kwoty. Dodatkowo trzeba zapewnić sam sprzęt, który miałby tę rolę pełnić. To zwiększa koszty a jak już kilkakrotnie podkreślałem – celem pracy jest stworzenie aplikacji jak najmniejszym nakładem finansowym. Całkiem darmowych serwerów nie można wybrać w tej sytuacji ponieważ nie oferują takich narzędzi jakie będą konieczne.

Mowa tu mianowicie po pierwsze o możliwościach zakładania i korzystania z kont ftp. Będzie to podstawowy sposób przesyłania danych ze smartfonów z monitorowanych pojazdów do aplikacji webowej prezentującej zapis trasy. Najlepszym wyjściem będzie aby hosting umożliwiał tworzenie nieograniczonej ilości kont ftp, tak aby dla każdego urządzenia można było przyporządkować odrębne konto. Dodatkowym atutem będzie możliwość konfiguracji każdego konta ftp ze wskazaniem na konkretny katalog na serwerze. W katalogu tym będą przetrzymywane pliki, które smartfon wyśle na serwer. Dla przejrzystości lepiej będzie, gdy każde urządzenie będzie składać pliki w osobnym folderze.

Druga sprawa to baza danych. Niektóre firmy hostingowe oferują bazy MySQL z różnymi limitami. Jedne odnoszą się do rozmiaru bazy, ograniczając ją np. do 5 MB, inne limitują ich ilość do jednej lub dwóch baz. Potrzebna jednak będzie możliwość zakładania nieograniczonej liczby baz, gdyż najwygodniej będzie dane z tras przebytych przez każdy pojazd trzymać w osobnej bazie. W przypadku ograniczeń można to również rozwiązać przez osobne tabele w jednej bazie danych. Jednak poza tym, druga kwestia, jaką jest wielkość bazy na poziomie kilku megabajtów, jest zdecydowanie niezadowolająca. Szacunkowo zostałaby ona wykorzystana w maksymalnym stopniu po około sześciu miesiącach logowania tras jednego kierowcy. Konieczne by było wtedy usuwanie najstarszych rekordów lub ich okresowa archiwizacja. Jednak wielkość bazy minimum powinna wynosić tyle, aby zapewnić przechowywanie danych przez okres 3 lat.

Następny mechanizm jaki będzie niezbędny to możliwość wykonywania zadań cyklicznych. Będą one uruchamiane w tle każdorazowo po przesłaniu danych ze smartfona na serwer. Cały system śledzenia ma być autonomiczny i nie powinien wymagać od użytkowników podejmowania jakichkolwiek czynności w celu zasilania bazy danych w informacje o zapisanych trasach. O każdej porze dnia i nocy dane mają być aktualne i nie mogą być zależne od tego, czy operator aplikacji uruchomił opcję importu danych czy nie. Dzięki zadaniom wykonywanym w tle, co określony odstęp czasu, baza danych będzie uzupełniana o świeżo nadchodzące informacje i możliwa będzie ich wizualizacja na mapach.

Sama aplikacja będzie tworzona w technologiach HTML, CSS, PHP i JavaScript w związku z czym niezbędna jest obsługa tych języków przez serwer www. Tą funkcjonalność zapewnia prawie każdy dostawca hostingowy, zarówno darmowy jak i płatny. Ważne jest jednak aby zapewniał aktualne wersje oprogramowania gdyż może się zdarzyć, że strona zostanie stworzona w oparciu o najnowsze wersje PHP i wykorzystuje funkcje i procedury, które we wcześniejszych wersjach nie były obsługiwane. Hostingi płatne zazwyczaj zapewniają oprócz najnowszych wersji możliwość wyboru konkretnej kompilacji z kilku wcześniejszych. Jest to o tyle wygodne, że jeśli aplikacja zostanie stworzona w aktualnie najnowszej wersji, to za kilka lat wciąż będzie można ją używać bez modyfikacji kodu, ustawiając jedynie na serwerze potrzebny parametr kompatybilności wstecznej.

Ostatni powód, dla którego w tym wypadku lepiej wybrać dostawcę płatnego, spośród dostępnych operatorów hostingowych to fakt, że zazwyczaj wersje darmowe wymagają umieszczania reklam na stworzonych stronach www. Jednak zarówno ze względów estetycznych jak i z profesjonalnego punktu widzenia niedopuszczalne jest aby podczas analizy trasy kierowcy operator musiał oglądać np. reklamy artykułów higienicznych. Nie może być również sytuacji, że reklama wyświetlana przez dostawcę zasłania połowę okna przeglądarki i tym samym zasłania elementy potrzebne do wykonywania pracy.

Dostawca hostingu, z którym się już wcześniej spotkałem jest wciąż jednym z bardziej atrakcyjnych na rynku a przy tym wciąż mało znanym. Jest to polska firma „LAO.PL”, która działa od 2007 roku. Osobiście korzystam z usług tego dostawcy już od 4 lat. Firma oferuje usługi na serwerach wirtualnych umieszczonych w Niemczech. Gwarantuje ona dostępność usług na poziomie 99% (realizuje to na poziomie 99,98 – 100%), oferuje automatyczne mechanizmy tworzenia kopii zapasowych na niezależnych serwerach, posiada pełne wsparcie techniczne oraz możliwość indywidualnego dostosowania planów hostingowych do własnych potrzeb. Dzięki temu wybór padł właśnie na tą firmę i z jej usług będę korzystał na dalszym etapie pracy.

3.5. Aplikacja prezentująca trasy

Ostatnim i najważniejszym etapem pracy jest stworzenie aplikacji webowej, która będzie prezentować zebrane dane w przejrzystej formie na mapach internetowych. Jako podstawową mapę wybrałem OpenStreetMap (OSM). OpenStreetMap zawiera wolne dane, rozpowszechniane na licencji Open Data Commons Open Database License (ODbL). Jest to mapa tworzona przez społeczność internetową dodającą dane o drogach, ścieżkach, kawiarniach, dworcach i wielu innych punktach zainteresowania, na całym świecie. Podobnie jak przy oprogramowaniu typu Open Source tak i tutaj, fakt tworzenia map przez wiele osób na całym świecie powoduje, że jest to mapa na której można polegać. Po pierwsze wszelkie zmiany, jak np. otwarcie nowej drogi czy zamknięcie innej z powodu remontu, są nanoszone na mapy prawie natychmiast, bez zbędnych opóźnień. Po drugie, ewentualne błędy w działaniu samego oprogramowania, objawiające się np. nieprawidłowym wyświetlaniem terenu na mapie, są szybko naprawiane. Dodatkowo projekt OSM bardzo prędko się rozwija. Bardzo szybko pojawiły się jego wersje na urządzenia przenośne typu smartfon czy tablet. Niedawno powstał również program nawigacyjny oparty na mapach OSM dla urządzeń mobilnych. Wszystko to w duchu Wolnego Oprogramowania a więc bez pobierania opłat od użytkowników. W przypadku zaś deweloperów jedynym warunkiem korzystania z OpenStreetMap jest zawarcie informacji o ich wykorzystaniu.

Celem mojej aplikacji, jak to już zostało wyraźnie zaznaczone w tej pracy, jest wyświetlanie tras przebytych przez kierowców pojazdami firmowej floty. Trasy te powinny być wyświetlane możliwie na bieżąco. Z powodu ustawień aplikacji instalowanej na telefonie oraz ograniczeń co do częstotliwości wykonywania zadań cyklicznych na serwerze hostującym stronę www, dane będą uaktualniane co jedną minutę. Oznacza to więc, że przy założeniu poprawności działania wszystkich elementów projektu, na stronie z aplikacją będzie prezentowana pozycja samochodu najdalej sprzed minuty. Droga jaką pojazd przebył będzie prezentowana w sposób czytelny linią ciągłą. Dodatkowo na mapie oznaczony będzie początek i koniec trasy tak aby nie było wątpliwości w którym kierunku kierowca podróżował. Wymagana jest również możliwość samodzielnego dostosowania okresu czasu za jaki trasa będzie prezentowana. Może to być zarówno okres kilku sekund jak i kilku miesięcy. Domyślnie, po wczytaniu strony www, wyświetlane będzie ostatnie 5 minut zapisanej trasy, przy czym można będzie tą wartość zmienić w pliku konfiguracyjnym. Ponadto konieczne jest zabezpieczenie dostępu do strony tak aby wyświetlanie danych w niej zawartych możliwe było tylko po prawidłowym wprowadzeniu nazwy użytkownika i hasła. Cały interfejs musi być stworzony przejrzysto i musi być dostosowany również do urządzeń mobilnych. Prezentowane trasy mają być po wczytaniu wyświetlane w całości, nie powinno być sytuacji gdy pojawia się losowo wybrany fragment trasy i nie jest jasne gdzie jest początek a gdzie koniec, lub gdy jakaś część kursu znajduje się poza prezentowaną mapą. Użytkownik aplikacji musi mieć także możliwość dowolnego przybliżania i oddalania widoku tak aby móc precyzyjnie określić miejsce, w którym w danej chwili znajdował się pojazd czy też żeby prześledzić całą trasę kursu.

Tak przygotowana aplikacja będzie spełniać wszystkie podstawowe wymagania projektu. Docelowi operatorzy aplikacji będą otrzymywać dane autoryzacyjne od administratora systemu. To właśnie operatorzy – dyspozytorzy będą odpowiedzialni za konfigurację smartfonów używanych przez kierowców oraz za testowanie prawidłowości tej konfiguracji przed przekazaniem ich do użytku. To również oni będą głównymi gestorami systemu i ewentualne modyfikacje programu, które mogą wpłynąć na poprawę ich pracy, jak i zauważone błędy w jego działaniu będą mogły być zgłaszane wyłącznie przez nich.

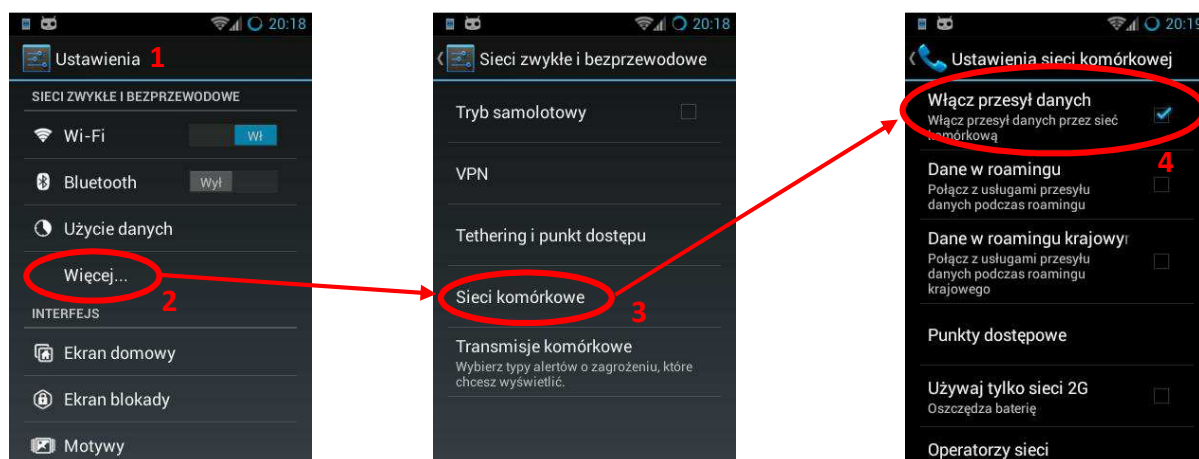
4. ETAPY TWORZENIA APLIKACJI

W niniejszym rozdziale moim celem będzie przedstawienie konkretnych prac jakie należy wykonać na każdym etapie projektu. Przedstawię tu najważniejsze elementy jakie trzeba przygotować w systemie smartfona i jak skonfigurować aplikację. Opiszę też strukturę bazy danych, przechowującej wszystkie zgromadzone dane oraz funkcje serwera, które będą odpowiedzialne za wczytywanie danych do bazy. Na koniec opiszę schemat działania samej aplikacji prezentującej trasy i przedstawię efekty tej pracy.

4.1. Konfiguracja systemu Android

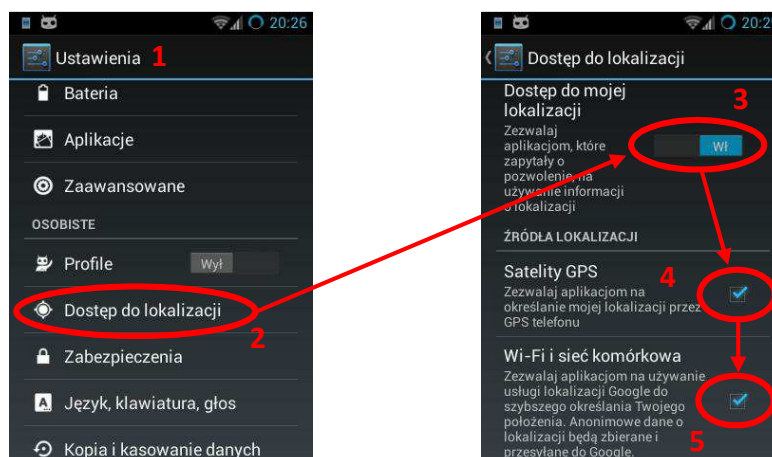
Podstawowe dwa elementy, jakie będą konieczne do skonfigurowania w telefonie z systemem Android, to sposób łączenia się telefonu z siecią w celu transmitowania danych oraz możliwości użytkowania modułu GPS. Ponieważ zakładamy użytkowanie smartfona przez kierowców samochodów to zazwyczaj nie będą oni mogli łączyć się z siecią WiFi. Czasem taka możliwość na pewno będzie miała miejsce dzięki usługom oferowanym np. przez firmy UPC i Orange. Będąc abonentem którejś z tych firm można łączyć się z ich punktami dostępowymi znajdującymi się w dużych miastach. Wystarczy wtedy ustawić w telefonie swoje dane dostępowe i wszędzie tam, gdzie będzie zasięg danego operatora, smartfon automatycznie połączy się z jego siecią. Najczęściej jednak najważniejsza będzie usługa transmisji danych oferowana przez operatora sieci komórkowej. Wymagane jest więc aby była ona aktywna na używanej karcie sim. Można też wykorzystać telefon typu „dual-sim”, który umożliwia umieszczenie w aparacie dwóch kart sim, z których jedna może być dedykowana do transmisji danych. Może to być zarówno karta firmy Aero2, która oferuje bezpłatny dostęp do sieci Internet, jak i dowolna inna karta któregoś z polskich operatorów sieci komórkowych.

Gdy mamy już pewność, że wybrana przez nas karta sim oferuje możliwość przesyłania danych poprzez sieć komórkową, musimy włączyć tę funkcjonalność w telefonie. W tym celu trzeba wejść w aplikację „Ustawienia”, tam w części „Sieci zwykłe i bezprzewodowe” wybrać „Więcej...”, dalej przejść do części „Sieci komórkowe” i włączyć opcję „Włącz przesył danych”:



Rysunek 6 Włączenie transferu danych [opracowanie własne]

Druga wspomniana kwestia dotyczy umożliwienia korzystania aplikacji z wbudowanego modułu GPS. Tu podobnie najpierw należy otworzyć aplikację „Ustawienia” a w niej odszukać pozycję „Dostęp do lokalizacji”. Po wejściu w nią należy włączyć wszystkie trzy opcje jakie tam znajdziemy, tj. „Dostęp do mojej lokalizacji” w pierwszej części okna, a następnie „Satelity GPS” i „Wi-Fi i sieć komórkowa” w części zatytułowanej „Źródła lokalizacji”:



Rysunek 7 Włączenie modułu GPS [opracowanie własne]

4.2. Konfiguracja aplikacji GPS Logger

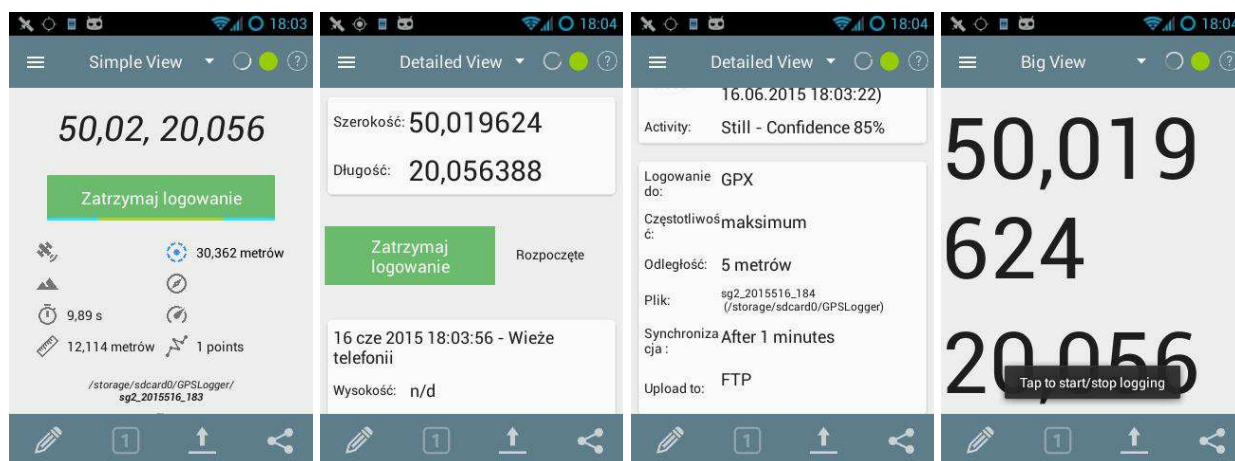
Po poprawnym skonfigurowaniu systemu, można przejść do instalacji i konfiguracji aplikacji. Mamy bowiem pewność, że będzie ona mogła wykorzystać w pełni potencjał smartfona i odbiornika GPS. W części poświęconej doborowi oprogramowania wybór padł na aplikację „GPS Logger for Android” autorstwa Mendhak. W związku z tym w smartfonie konieczne jest uruchomienie „Sklepu Play” i odszukanie w nim w/w programu oraz wybranie opcji „Zainstaluj”.



Rysunek 8 GPS Logger w Sklepie Play [opracowanie własne]

Do poprawnej instalacji konieczne jest zatwierdzenie wymaganych opcji dostępu dla aplikacji. Program potrzebuje między innymi dostępu do funkcji lokalizacji w telefonie co jest rzeczą oczywistą – w końcu w tym celu instalowane jest to oprogramowanie. Poza tym GPS Logger potrzebuje dostępu do plików w urządzeniu gdyż wszystkie trasy są zapisywane lokalnie a dopiero później wysyłane na serwer ftp z określoną częstotliwością. Poza tym wymaga również dostępu do sieci, oraz możliwości uruchamiania podczas włączania urządzenia. Po zatwierdzeniu tych opcji przyciskiem „Akceptuj” nastąpi instalacja. Po jej zakończeniu możliwe będzie uruchomienie programu i rozpoczęcie jego konfiguracji.

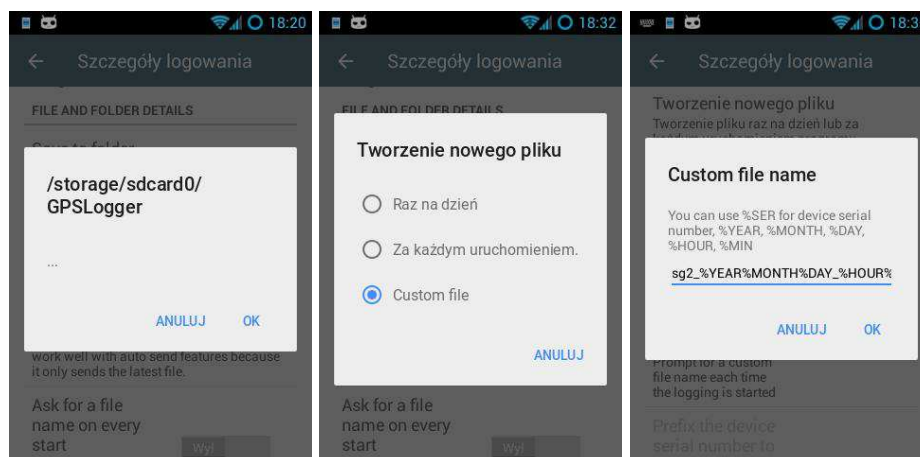
Jeśli chodzi o sam graficzny interfejs użytkownika (GUI) to program oferuje trzy tryby widoku: Simple View, Detailed View oraz Big View. W zależności od wyboru, każdy z nich oferuje inny zakres prezentowanych danych. Pierwszy z nich oferuje zwarty sposób zapisu. Wszystkie informacje mieszczą się na jednym ekranie, są opatrzone odpowiednimi ikonami a uruchomienie i zatrzymanie logowania odbywa się za pomocą dotknięcia jednego przycisku. W trybie Detailed View informacji jest więcej i są one dokładniej opisane zamiast ikon. Rozpoczęcie i zakończenie zapisywania trasy odbywa się tak samo jak w poprzednim trybie. Ostatni z nich prezentuje tylko bieżące współrzędne geograficzne i nic więcej. Zamiast przycisków „Start” i „Stop” wystarczy tylko dotknąć ekran.



Rysunek 9 Rodzaje widoków aplikacji GPS Logger [opracowanie własne]

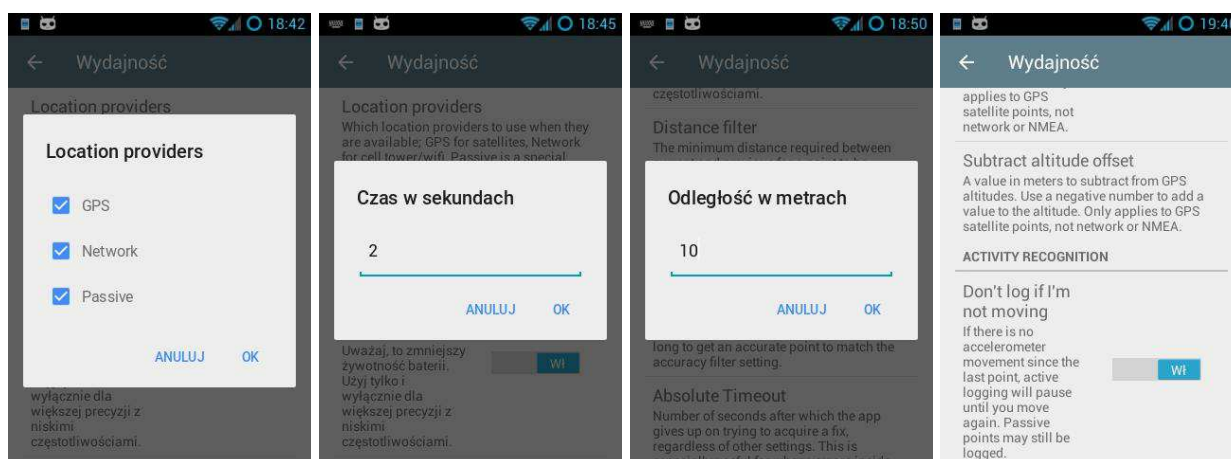
W celu konfiguracji programu będzie konieczne skorzystanie z opcji menu. Najpierw należy wybrać z niego opcję „Ustawienia ogólne”. Tam konieczne będzie tylko włączenie opcji „Uruchom na starcie”. Następna pozycja menu to „Szczegóły logowania”. W niej domyślnie zaznaczona jest opcja „Loguj do GPX” i tak zostawiamy. W dolnej części okna, opisanej „Files and folder details”, musimy ustawić kilka parametrów. Pierwszy to miejsce, w którym będą zapisywane lokalnie pliki z trasami. Wygodnie jest ustawić ten katalog możliwie na wierzchu wybranej pamięci aby w razie potrzeby szybko zlokalizować te pliki. Mogą się one okazać potrzebne w przypadku problemów z transferem danych przez sieć na serwer ftp. Druga opcja to „Tworzenie nowego pliku” gdzie wybieramy „Custom file”. Dzięki tej opcji pliki będą tworzone z taką częstotliwością jaką ustawimy dla przesyłania danych na serwer. Jeśli byśmy ustawili inną opcję to byłyby one tworzone przyrostowo co wymagało by więcej funkcji filtrujących podczas importu informacji do bazy

danych oraz zwiększało by ilość danych przesyłanych przez sieć. Kolejna pozycja to „Custom file name” gdzie ustawiamy nazwę pliku gpx wg schematu „przedrostek_%rok_%miesiąc_%dzień_%godzina_%minuta”. Przedrostek może stanowić zarówno nr rejestracyjny pojazdu jak i nazwisko kierowcy czy też numer kursu. Powinien to być jednak jakiś element wyróżniający aby w przyszłości móc prowadzić zapisy tras wielu tras równocześnie. Na koniec odznaczamy opcję „Ask for a file name on every start” aby nazwa pliku była tworzona automatycznie i bez zbędnej ingerencji użytkownika.



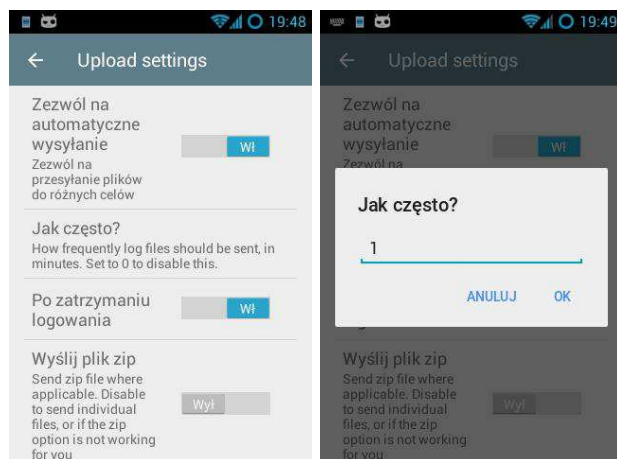
Rysunek 10 Konfiguracja GPS Logger - Szczegóły logowania [opracowanie własne]

Następna pozycja w menu to „Wydajność”. Tu pierwsza opcja to „Location providers”. Chcąc zwiększyć dokładność ustalania lokalizacji należy zaznaczyć wszystkie trzy pozycje, a więc „GPS” dla ustalania pozycji za pomocą satelitów, „Network” do wspomaganie się wieżami telefonii komórkowych oraz sieci WiFi i hot spotów oraz „Passive” aby wykorzystać inne funkcje znajdujące się w telefonie, takie krokomierz, akcelerometr czy inne. Następna pozycja to „Odstępy czasu”. Oznacza ona jak często urządzenie powinno pobierać współrzędne. Tu optymalnie jest wybrać przedział czasowy pomiędzy jedną a pięcioma sekundami, tak aby zużywać baterii w smartfonie ale też, żeby punkty wyświetlane na trasie nie były zbyt rzadkie. Zauważmy, że pojazd jadący ok. 50 km/h w ciągu 5 sekund przejedzie niecałe 5 kilometrów a to dość duży dystans. Dalsza opcja to „Zachować GPS między poprawkami” – dzięki niej zwiększymy precyzję odczytu współrzędnych. Poniżej mamy bardzo przydatną opcję „Distance filter”. Pozwala nam ona ignorować odczyty, które nie różnią się od poprzednich o ustalony tu dystans minimum. Z jej wykorzystaniem możemy ponownie ograniczyć wielkość przesyłanych plików z danymi nie tracąc przy tym znacząco ważnych informacji na temat jej przebiegu. Ponadto czasem bywa sytuacja, w której GPS odczytuje różne współrzędne gdy znajduje się bez ruchu w tym samym miejscu. Jest to spowodowane mniej dokładnym odczytem koordynatów i mogą to być różnice nawet kilku metrów. Dzięki ustawieniu tej opcji na ok 10 metrów pozbedzimy się takich wahań powodujących fikcyjny ruch pojazdu na mapie. Na koniec włączamy funkcję „Don't log if I'm not moving”, która działa podobnie jak powyższa ale eliminuje zapis nowych punktów na podstawie odczytów z akcelerometru.



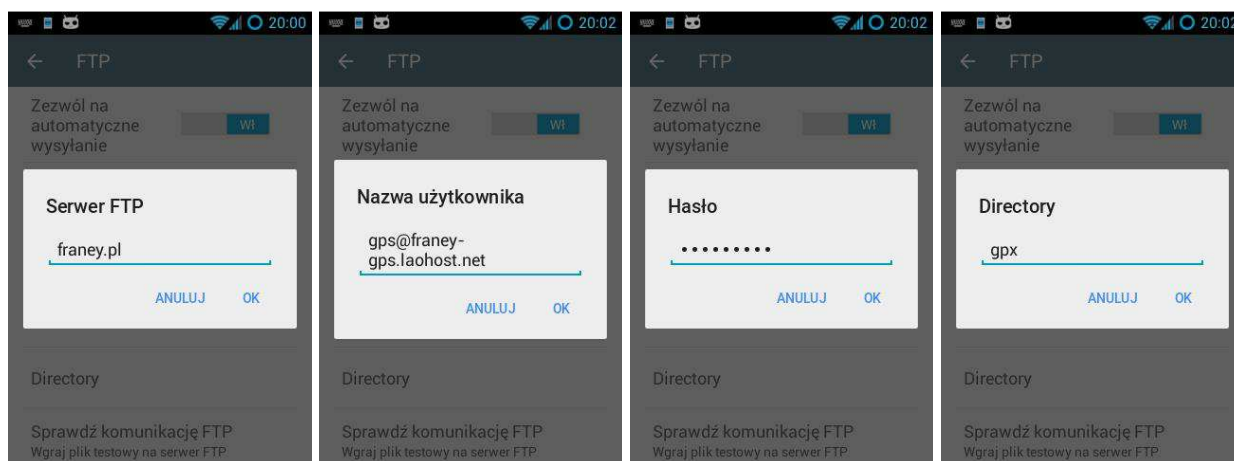
Rysunek 11 Konfiguracja GPS Logger - Wydajność [opracowanie własne]

Kolejny etap konfiguracji to menu „Autu send, email and upload”. Tu konieczne jest włączenie opcji „Zezwól na automatyczne wysyłanie” – bez tej opcji żadne dane nie zostaną wysłane na serwer dopóki użytkownik urządzenia nie uruchomi tej funkcji ręcznie. Druga opcja to „Jak często?”. Odpowiada ona za częstotliwość z jaką dane będą wysyłane na ftp – ustawiamy minimalny możliwy czas jakim jest w tym wypadku jedna minuta. Dodatkowo włączamy opcję „Po zatrzymaniu logowania” dzięki czemu dane po zakończeniu zapisywania trasy, np. po zakończeniu pracy przez kuriera w danym dniu, nie będą oczekiwać aż do upływu kolejnej minuty ale zostaną przekazane bezzwłocznie. Niżej odznaczamy również opcję „Wyślij plik zip” gdyż nie będziemy danych kompresować. Opcję tą można wykorzystać jeśli się okaże, że transfer danych rośnie zdecydowanie za szybko, jednak z obserwacji wynika, że pakiety danych są bardzo znikome i wciąż jednego dnia roboczego wahają się one w okolicach 1 MB.



Rysunek 12 Konfiguracja GPS Logger - Upload settings [opracowanie własne]

Na koniec udajemy się do ostatniej pozycji menu, która nas interesuje, a mianowicie do „FTP”. Tu wymagana będzie już znajomość parametrów połączenia z serwerem. Pierwszy z nich to nazwa serwera ftp – wpisywany adres nie powinien zawierać przedrostka „ftp://”. Druga pozycja to nazwa użytkownika a kolejna to jego hasło. Dane te będą docelowo przekazywane przez administratora systemu. Powinny one być inne dla każdego z kierowców lub smartfonów. Ostatnia opcja to „Directory” czyli katalog na serwerze, do którego będą przekazywane pliki ze smartfona.



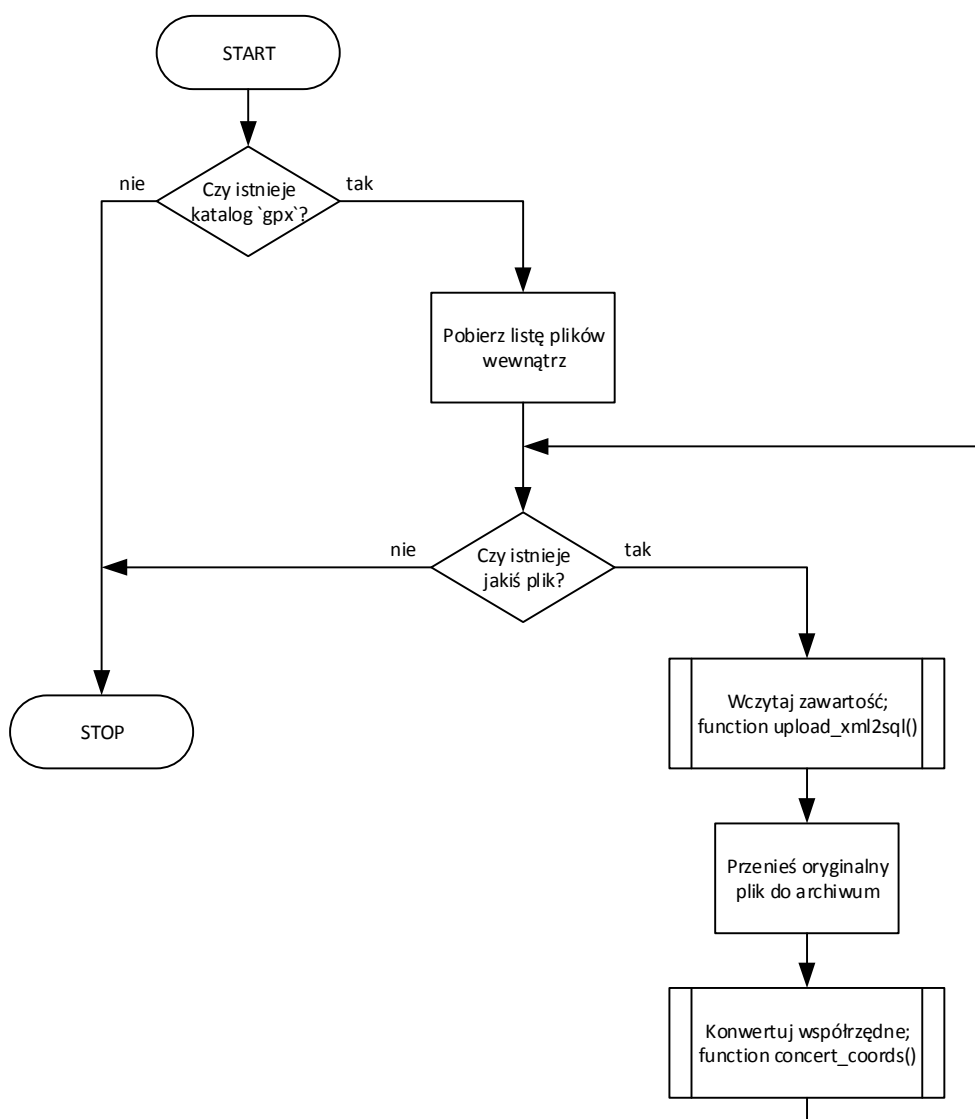
Rysunek 13 Konfiguracja GPS Logger - Ustawienia FTP [opracowanie własne]

Na koniec można przetestować poprawność tej konfiguracji (opcja „Sprawdź komunikację FTP”), za pomocą której na serwer zostanie wgrany plik testowy. Jeśli wszystko zostało skonfigurowane prawidłowo otrzymamy komunikat o treści „Sukces!”. W tym momencie będzie to koniec prac wykonywanych przez dyspozytorów przygotowujących urządzenia dla kierowców. Tak skonfigurowany smartfon jest już gotowy do pracy a kierowca może ruszać na trasę.

4.3. Konfiguracja serwera

W tej części opisane zostaną procesy jakie trzeba uruchomić na serwerze, aby można było importować dane, przesłane ze smartfonów na serwer ftp, do bazy danych. Dla wygody, te kilka procesów, które muszą być uruchamiane cyklicznie, zostanie zamkniętych w jednym pliku, który co minutę będzie wyzwalany przez harmonogram zadań. Główną funkcją będzie import danych. Będzie ona sprawdzać czy na serwerze, we wskazanym katalogu, istnieją nowe pliki z trasami i jeśli tak to będzie wczytywać z nich dane. Do tego posłuży druga funkcja przetwarzająca plik gpx, odczytująca z niego poszczególne wartości i zapisująca je do bazy danych. Obecność trzeciej funkcji została wymuszona przez formaty danych używane przez aplikację na smartfonie oraz przez aplikację prezentującą dane na mapie. Używają one innego formatu zapisu współrzędnych geograficznych – GPS Logger zapisuje dane w formacie EPSG:4326, z kolei mapy OpenStreetMap wykorzystują zapis EPSG:900913. Różnica pomiędzy nimi to przede wszystkim jednostki, w których współrzędne są zapisywane. Pierwszy zapis używa do tego celu stopni, minut i sekund w formacie dziesiętnym. Drugi zapis operuje metrami. Wynika to z różnicy w postrzeganiu globu ziemskiego przez różne aplikacje. Odbiorniki GPS rozpoznają geoidalny kształt Ziemi. Mapy internetowe (OSM lub Google Maps) prezentują Ziemię tak jak mapy ścienne czy mapy w atlasach a więc spłaszczoną do dwóch wymiarów. Konieczna jest więc funkcja, która zamieni jeden format danych na drugi.

function import_data()

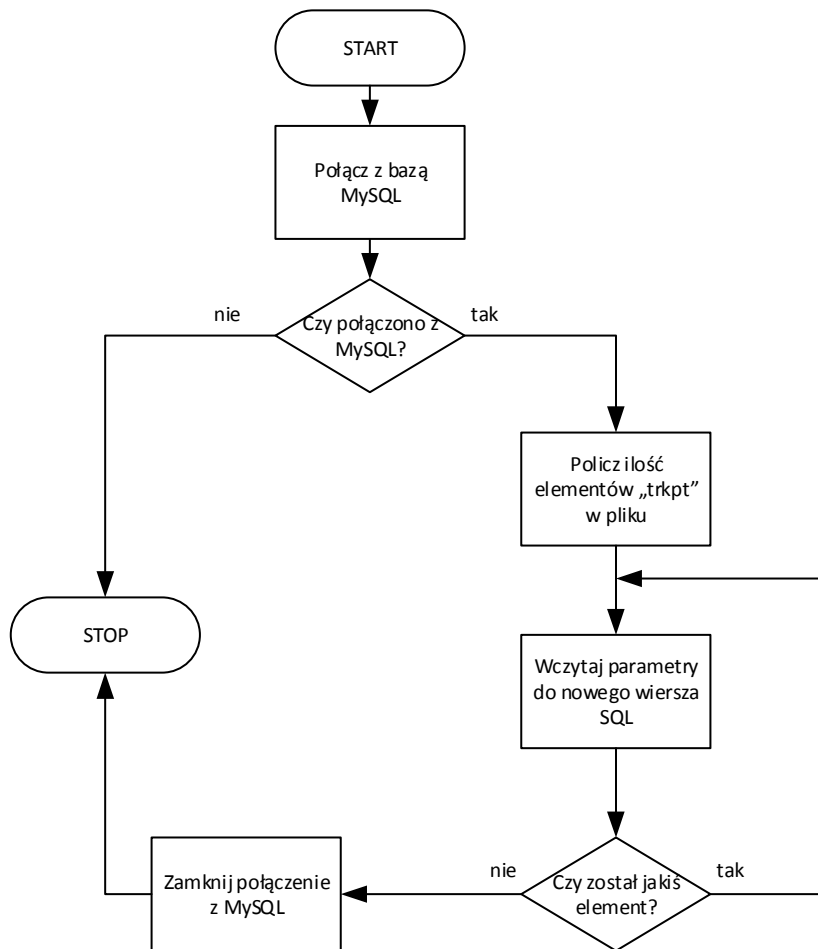


Rysunek 14 Schemat funkcji import_data [opracowanie własne]

Powyżej zaprezentowana funkcja to pierwsza ze wspomnianych wcześniej. Śledząc po kolei jej etapy widzimy sposób jej działania. W pierwszej kolejności sprawdza ona czy na serwerze znajduje się właściwy katalog przechowujący pliki gpx pozyskane z telefonów kierowców. Jeśli na serwerze wystąpiły jakieś zmiany i katalog o nazwie „gpx” nie istnieje to funkcja od razu kończy pracę. Jeśli jednak wszystko jest w porządku to w kolejnym kroku pobiera ona zawartość wspomnianego katalogu. Następnie, jeśli folder jest pusty to funkcja kończy działanie, w przeciwnym razie, jeśli wewnątrz są jakieś pliki to pobiera ich listę. Na kolejnym etapie wywoływana jest druga wymieniona funkcja, która przetwarza plik. Na następnym etapie działania oryginalny plik gpx jest przenoszony do archiwum. W ten sposób dane na wszelki wypadek pozostają wciąż dostępne w oryginalnej formie a w katalogu roboczym ilość plików się zmniejsza. Na koniec funkcja wywołuje podprogram konwertujący współrzędne na format obsługiwany przez OSM. W chwili, gdy opracowane zostały wszystkie pliki z katalogu, funkcja kończy swoje działanie.

Pierwszy z wywoływanych podprogramów to funkcja „upload_xml2sql”. Jego zasadę działania prezentuję na schemacie poniżej. W pierwszej kolejności nawiązuje on połączenie z bazą danych MySQL. W przypadku problemów z połączeniem moduł kończy swoje działanie. Jeśli połączenie zostanie nawiązane to w kolejnym kroku liczona jest ilość elementów otagowanych jako „trkpt”. Są to pojedyncze punkty na trasie zapisane przez aplikację GPS Logger w pliku gpx. Następnie wykonywana jest pętla i dla każdego kolejnego elementu odczytywane są takie dane jak długość i szerokość geograficzna, wysokość nad poziomem morza, prędkość oraz data i czas zapisu. Wszystkie te elementy razem składają się na nowy wiersz w bazie danych. Po przetworzeniu wszystkich elementów w pliku funkcja zamyka sesję połączenia z bazą danych i kończy swoje działanie.

function upload_xml2sql (\$gpx_file)



Rysunek 15 Schemat funkcji upload_xml2sql [opracowanie własne]

Ostatnia z funkcji odpowiada za konwersję współrzędnych geograficznych zapisanych w formacie EPSG:4326 na współrzędne w formacie EPSG:900913. Jej sposób działania, przedstawiony na schemacie poniżej, prezentuje się następująco. Najpierw nawiązywane jest połączenie z bazą danych. Następnie w tabeli ze współrzędnymi wyszukiwane są wiersze nie posiadające skonwertowanych danych. Później liczona jest ich ilość i wykonywana jest dla nich pętla. W każdej iteracji pobierane są koordynaty z kolejnego wyszukanego wiersza i przeliczane są one na drugi system wg wzorów:

$$\varphi = R \cdot \ln\left(\tan\frac{\pi}{4} + \frac{\pi \cdot \frac{lat}{180}}{2}\right)$$

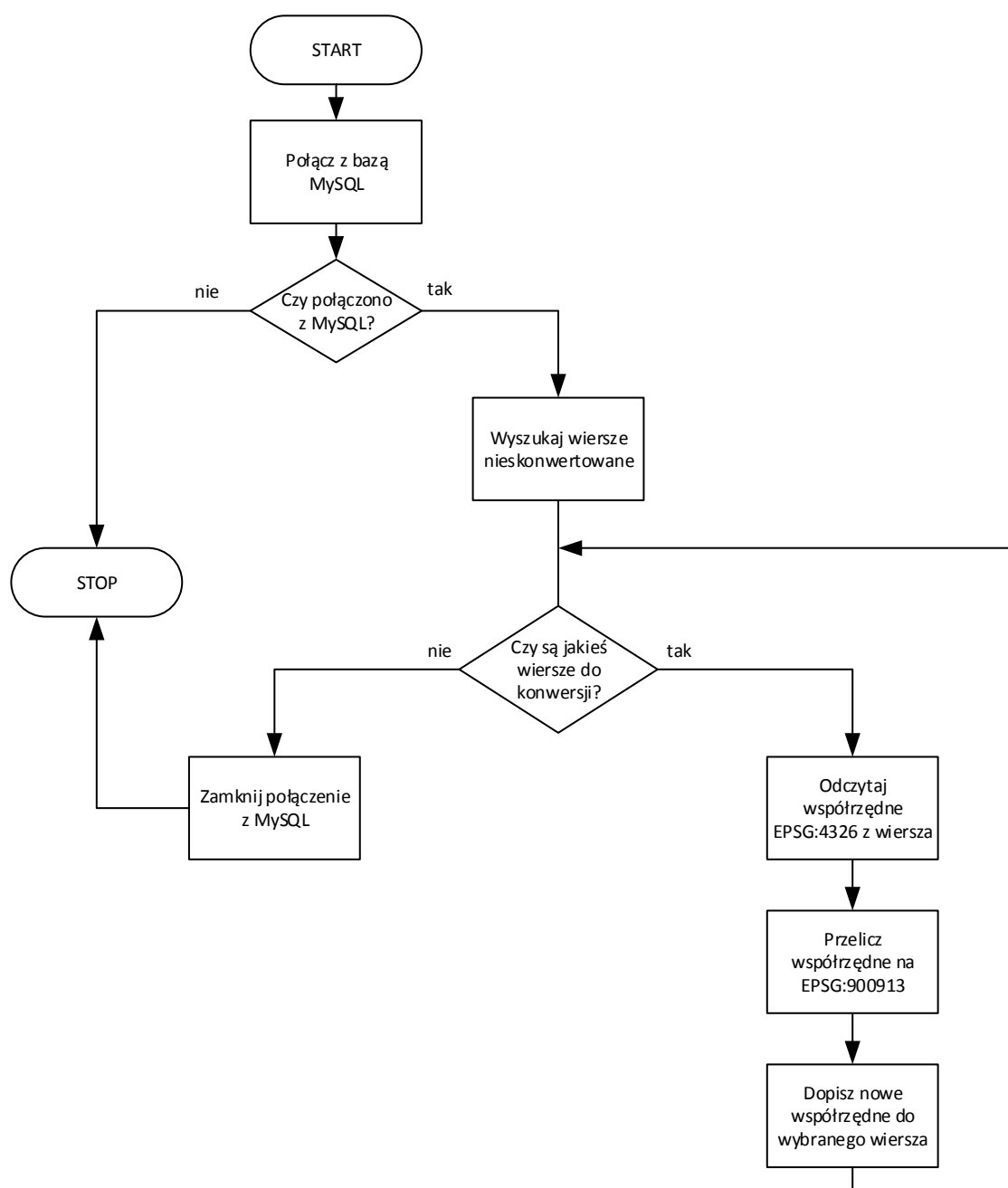
$$\lambda = R \cdot \left(\pi \cdot \frac{lon}{180}\right)$$

gdzie:

- φ – szerokość geograficzna w standardzie EPSG:900913;
- λ – długość geograficzna w standardzie EPSG:900913;
- R – promień kuli ziemskiej podany w metrach;
- lat – szerokość geograficzna w standardzie EPSG:4326;
- lon – długość geograficzna w standardzie EPSG:4326.

Po obliczeniu współrzędnych są one dopisywane do danego wiersza tabeli pozostawiając oryginalne wartości niezmienione. Po opracowaniu wszystkich wierszy połączenie z bazą danych jest zamykane i funkcja kończy swoje działanie.

function convert_coords ()



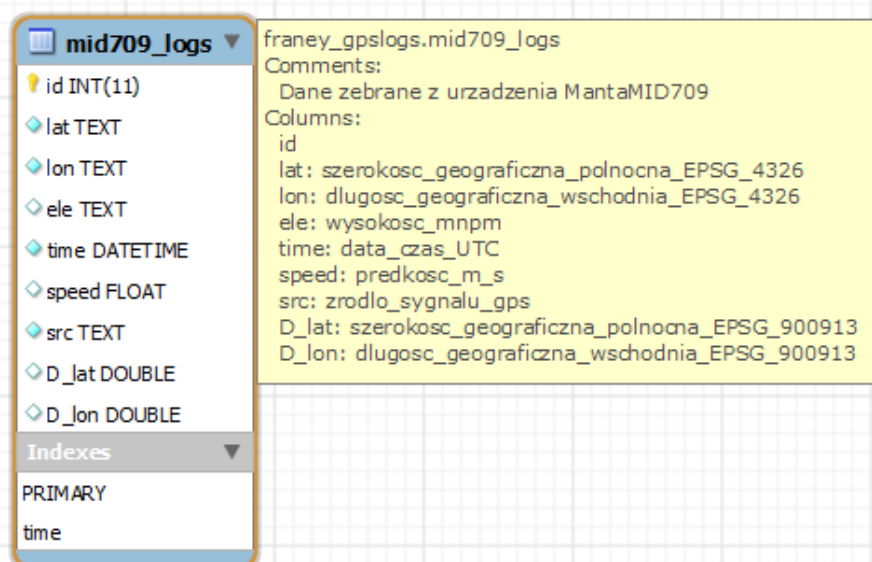
Rysunek 16 Schemat funkcji convert_coords [opracowanie własne]

Ostatni etap konfiguracji serwera to przygotowanie harmonogramu zadań aby powyższe funkcje były wywoływane automatycznie. Do tego celu posłuży nam narzędzie „cron”. Jest to program funkcjonujący na maszynach opartych o systemy linuxowe zajmujący się okresowym wywoływaniem innych programów. Posługuje się on tabelami „crontab” do przechowywania informacji jakie zadanie ma uruchamiać. Każdy wiersz tabeli zawiera informacje o tym co ile i jakie zadanie ma uruchomić. Najmniejszy możliwy do ustawienia przedział czasu wynosi jedną minutę. Pokrywa się to również z czasem jaki jest ustawiony w aplikacji GPS Logger do przesyłania danych na serwer. Powyższe funkcje nie mogą jednak być wywołane w czystej postaci. Konieczne jest zakodowanie ich np. w języku php i wywołanie ich za pomocą narzędzia „wget” czyli programu służącego do przetwarzania plików z Internetu za pośrednictwem protokołów HTTP. Tak przygotowany serwer jest już gotowy do podjęcia pracy.

4.4.Baza MySQL

We wcześniejszych częściach pracy przedstawiłem sposób działania mechanizmów przetwarzających dane z odbiornika GPS oraz funkcje, które te dane zaczytują i uzupełniają o potrzebne dane. Wspominałem wielokrotnie, że dane te są zapisywane w bazie danych. Przedstawię więc teraz jej strukturę.

Wykorzystana w projekcie baza to MySQL w wersji 5.6.17. Założony został specjalny użytkownik, który jest wykorzystywany podczas łączenia się z bazą np. w funkcjach opisanych w poprzednim etapie pracy czy też w samej aplikacji prezentującej trasy. Cała baza składa się z tabel, spośród których jedna jest odpowiedzialna za uwierzytelnianie użytkowników podczas logowania się do aplikacji web, a pozostałe przechowują dane z konkretnego urządzenia przesyłającego zapisywane trasy. Taka tabela jest mało rozbudowana i składa się tylko z 9 pól.



Rysunek 17 Schemat tabeli MySQL zawierającej dane zebrane z urządzenia GPS [opracowanie własne]

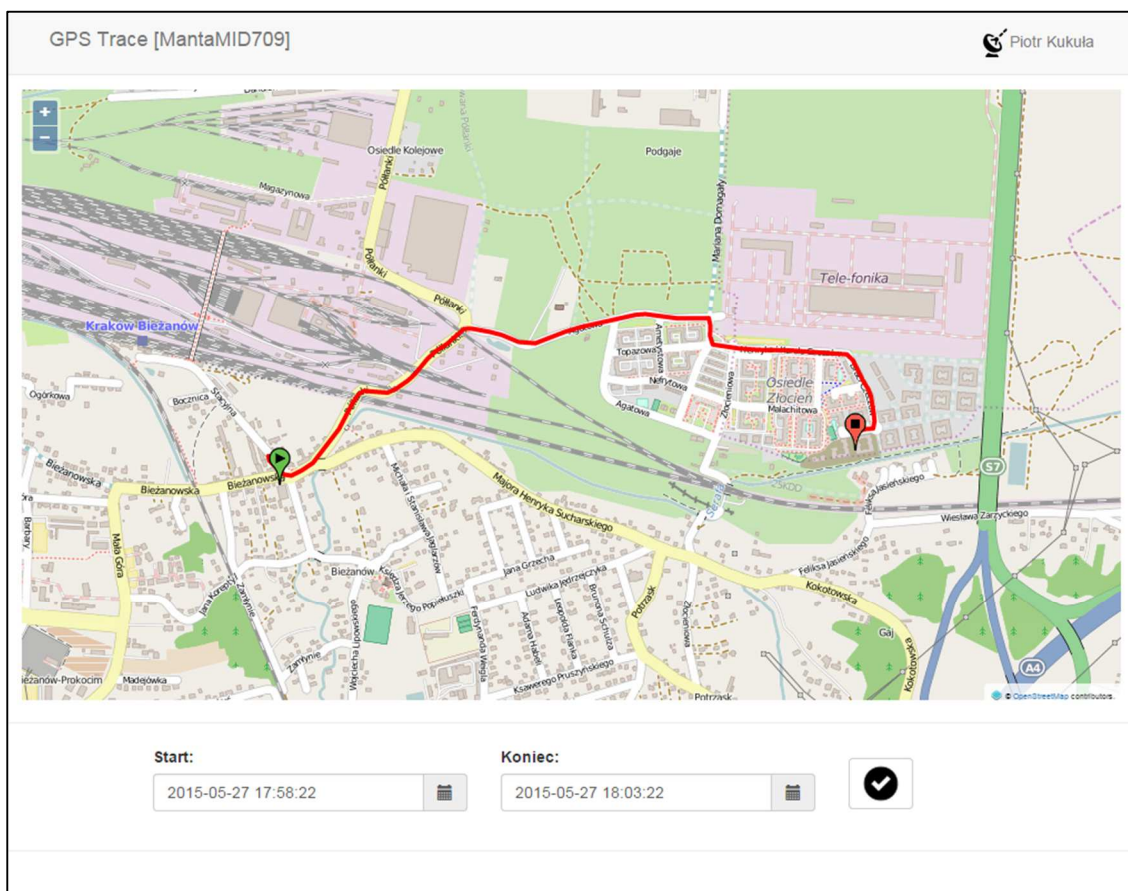
Powyżej został zobrazowany widok takiej tabeli wraz z komentarzami do każdego pola. Poniżej zaś omówię krótko każde z nich:

- id – pole typu Integer (liczba całkowita) - jest to podstawowy klucz w tej tabeli nadający każdemu wierszowi unikalny numer;
- lat – pole typu tekstowego – w polu tym przechowywana jest wartość szerokości geograficznej północnej w standardzie EPSG 4326, przesłanej na serwer przez smartfona;
- lon – pole typu tekstowego - w polu tym przechowywana jest wartość długości geograficznej północnej w standardzie EPSG 4326, przesłanej na serwer przez smartfona;
- ele – pole typu tekstowego – określa wysokość w metrach nad poziomem morza, przekazaną przez urządzenie GPS;
- time – pole typu data, czas – zapisywana w nim jest wartość daty i czasu, wg strefy czasowej UTC, w chwili, w której zostały odczytane powyższe współrzędne geograficzne, jest to ponadto dodatkowy indeks w tej tabeli, dzięki czemu wyszukiwanie danych po dacie i godzinie – a takie jest założenie aplikacji – będzie przyspieszone;
- speed – pole typu Float (mała liczba rzeczywista, zmiennoprzecinkowa) – określa prędkość odbiornika GPS mierzoną w metrach na sekundę, w chwili, w której został dokonany odczyt;
- src – pole typu tekstowego – informuje o tym, jakie źródło GPS zostało użyte do określenia lokalizacji;
- D_lat – pole typu Double (duża liczba rzeczywista, zmiennoprzecinkowa) – w tym polu umieszczane są wartości szerokości geograficznej przeliczonej z formatu EPSG:4326 na format EPSG:900913;
- D_lon – pole typu Double (duża liczba rzeczywista, zmiennoprzecinkowa) – w tym polu umieszczane są wartości długości geograficznej przeliczonej z formatu EPSG:4326 na format EPSG:900913.

Powyższy zestaw informacji będzie powtarzany dla każdego nowego urządzenia, które będzie rejestrować trasy kierowców. W ten sposób, mając osobne tabele dla różnych smartfonów, podczas wyświetlania śladu dla danego pojazdu izolowane są dane dotyczące innych kursów. Zmniejsza to zarówno nadmiarowość danych przetwarzanych przez zapytania SQL jak i zwiększa bezpieczeństwo informacji, którymi będzie się posługiwać strona prezentująca trasy.

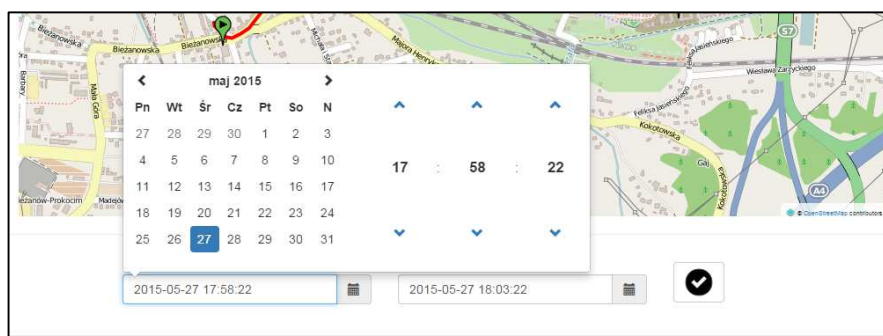
4.5. Aplikacja web

Ostatnią i najważniejszą część całego projektu stanowi aplikacja wyświetlająca zebrane i przetworzone dane. Jej dokładne działanie zostanie opisane w tej części pracy jednak w skrócie można to przedstawić tak, że po wywołaniu strony w przeglądarce wyświetlane są dane wybranego pojazdu z ostatnich zarejestrowanych pięciu minut a następnie można wybrać dokładny przedział czasu, za który trasy mają być wyświetlone.



Rysunek 18 Pierwsze wywołanie aplikacji web [opracowanie własne]

Powyżej zaprezentowany został obraz jaki jest wyświetlany przez aplikację przy pierwszym uruchomieniu. Prezentuje ona ślad zarejestrowany w przeciągu pięciu minut od ostatniego zarejestrowanego punktu trasy. Do dyspozycji mamy tu zarówno przyciski „plus” i „minus”, dzięki którym można regulować poziom zbliżenia mapy jak i pola, w których można wybrać datę początku i końca trasy. Domyślnie te pola prezentują daty i godziny prezentowanej właśnie trasy. Przedział czasu można wpisywać za pomocą klawiatury w odpowiednim polu („Start” lub „Koniec”) lub za pomocą wygodnego kalendarza.

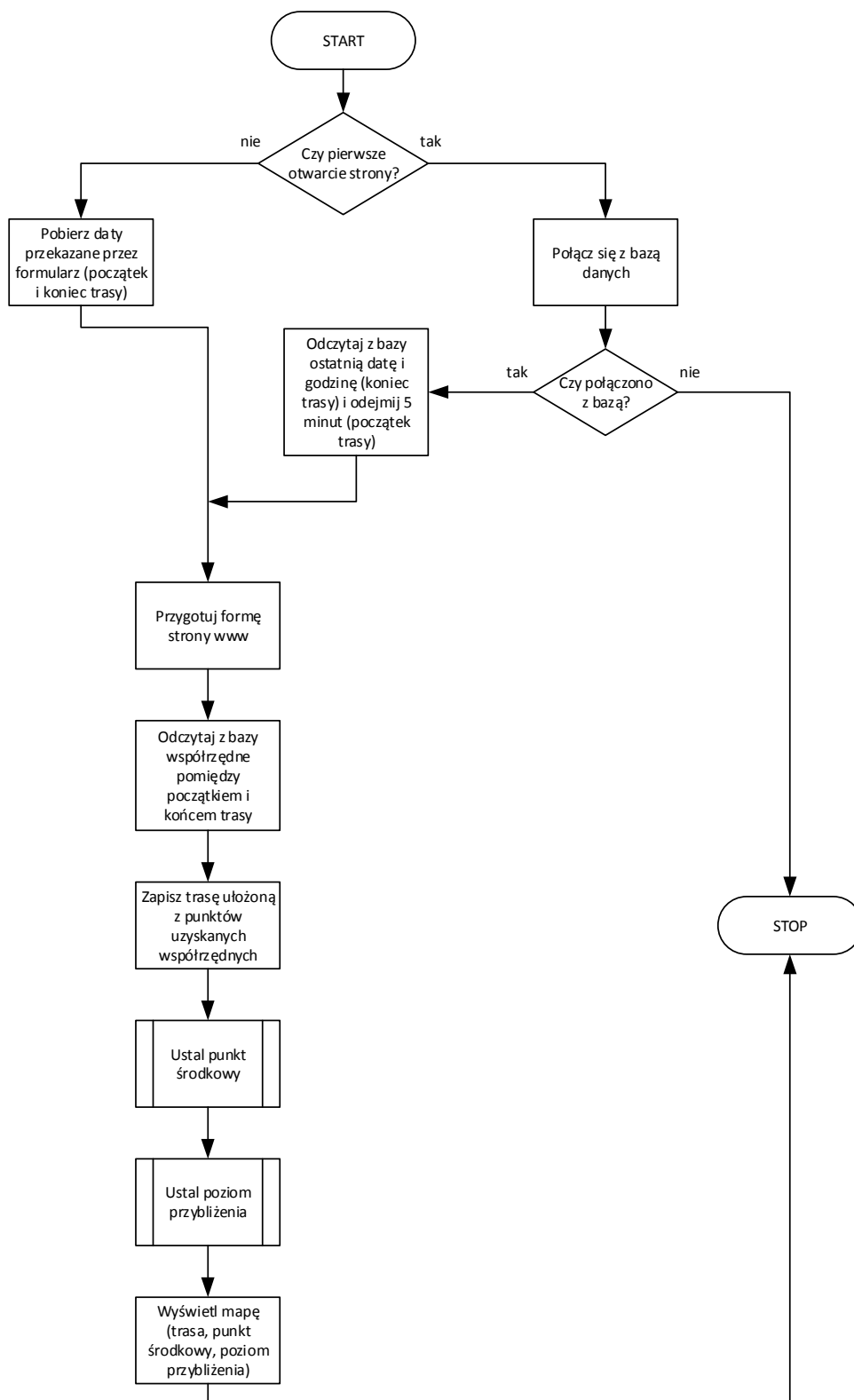


Rysunek 19 Kalendarz wyboru daty i czasu [opracowanie własne]

Kalendarz został na wszelki wypadek zabezpieczony, tak aby uniemożliwić podanie dat sprzecznych (np. początek daty późniejszy niż koniec daty). Ponadto został on przygotowany w taki sposób, aby wygodne było jego używanie na

urządzeniach dotykowych, takich jak tablet. Gdy z niego skorzystamy i zatwierdzimy wybrany przedział czasu to strona zostanie przeładowana a na mapie zostanie ukazana trasa z zadanego zakresu.

Gdy mamy już wiedzę jak aplikacja się prezentuje i w jaki sposób działa od strony użytkownika, możemy przejść do schematu prezentującego proces wyświetlania trasy na mapie.



Rysunek 20 Schemat działania aplikacji web [opracowanie własne]

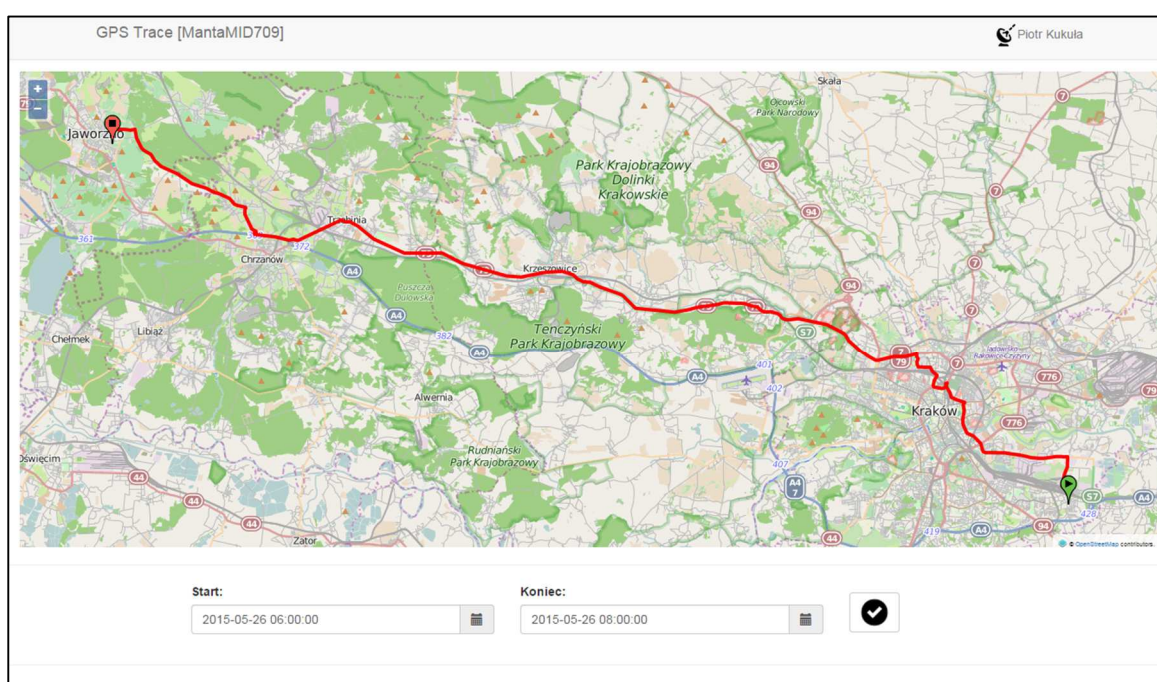
W pierwszym kroku aplikacja sprawdza czy została uruchomiona po raz pierwszy czy została przeładowana za pomocą formularza służącego do ustalania zakresu dat. Jeśli jest to jej pierwsze uruchomienie to następuje połączenie z bazą danych. Jeśli połączenie nie zostaje nawiązane to aplikacja od razu kończy swoje działanie z odpowiednim komunikatem błędu. Gdy wszystko działa prawidłowo to kolejny krok to odczytanie z bazy wartości daty i czasu dla ostatniej zapisanej pozycji odbiornika GPS. Ta wartość będzie stanowiła punkt końcowy wyświetlanej trasy. Następnie

od tej daty odejmowany jest przedział czasu ustalony w pliku konfiguracyjnym. Domyślnie jest to wartość 5 minut więc punktem początkowym trasy będzie data i godzina odczytana w poprzednim kroku pomniejszona o ten czas. W przypadku gdy strona została przeładowana, daty i godziny początku i końca trasy są pobierane bezpośrednio z formularza.

Następnym działaniem aplikacji jest przygotowanie podłoża na którym będzie ona działać. Wyświetla więc elementy stałe strony www, takie jak nagłówki strony, rezerwuje miejsce na wczytanie mapy z trasą i nanosi poniżej pola daty z wartościami ustalonymi powyżej.

Kolejna czynność to ponowne połączenie z bazą danych w celu odczytania wszystkich punktów trasy, które zostały zarejestrowane pomiędzy datami początku i końca. Wszystkie te punkty są łączone ze sobą w kolejności ich wystąpienia. Przy okazji, podczas przetwarzania wszystkich tych wartości, ustalone są na bieżąco punkty skrajne czyli współrzędne miejsc wysuniętych najdalej na północ, południe, wschód i zachód. Będą one potrzebne w kolejnym etapie do ustalania punktu, który będzie stanowił środek wyświetlanej mapy.

Późniejszy etap działania aplikacji polega na ustaleniu poziomu przybliżenia z jakim trasa będzie prezentowana na mapie. W tej funkcji również są wykorzystywane wartości skrajne obliczone wcześniej. Na ich podstawie obliczana jest całkowita szerokość i wysokość wyliczonego śladu GPS. Gdyby się okazało, że wartości te są ujemne to oznaczałoby, że w zadanym przedziale czasowym nie odnaleziono żadnych współrzędnych i w tej sytuacji wyświetlona by była mapa całego świata a poziom przybliżenia byłby najmniejszy. W innej sytuacji pobierane są wymiary okna przeglądarki oraz pola na stronie www zarezerwowanego dla rysowania mapy. Następnie te wielkości są porównywane z wielkością mapy jaka może być zaprezentowana na każdym poziomie przybliżenia zaczynając od maksymalnego zbliżenia. W chwili, gdy odnaleziony zostanie pożądany poziom, w którym mieści się cała stworzona trasa, poszukiwania zostają przerwane i następuje ostateczny proces rysowania mapy wraz z trasą.



Rysunek 21 *Efekt działania aplikacji web [opracowanie własne]*

W ten oto sposób, w wyraźnej i przejrzystej formie, prezentowany jest ślad kursu po jakim poruszał się kierowca w zadanym okresie czasu. Można korzystać z funkcji przybliżenia mapy aby móc dokładnie prześledzić ulice, którymi pojazd się poruszał. Można również dowolnie zmieniać zakres czasu, z którego trasa ma być wyświetlana lub powrócić do bieżącej godziny aby sprawdzić aktualne położenie urządzenia.

5. PODSUMOWANIE

Po przeprowadzeniu wszystkich opisanych w pracy etapów uzyskaliśmy gotową i działającą aplikację monitorującą stale urządzenie GPS. Od tej chwili można konfigurować kolejne smartfony aby móc śledzić ich więcej w tym samym czasie. Zauważyć jednak należy, że w tak podstawowej wersji aplikacja wyświetla jednocześnie zapis trasy tylko jednego pojazdu. Aby móc ich przeglądać więcej należy otworzyć kilka okien przeglądarki internetowej i w każdym z nich wpisać adres strony www odpowiadający za śledzenie konkretnego pojazdu. Nic nie stoi jednak na przeszkodzie aby program rozbudować. Nie będzie stanowił problemów technicznych monitorowanie większej liczby kierowców. Wystarczy np. z prawej strony mapy dodać listę skonfigurowanych urządzeń, których dane będą przechowywane w nowej tabeli tej samej bazy danych. Po wybraniu danej pozycji następowałoby wczytanie danych dotyczących jego trasy i byłyby one dodawane do już wyświetlanej mapy. Opcjonalnie można również umożliwić zmianę zakresu godzin, tak aby każdy ślad mógł skonfigurować niezależnie. Dobrą opcją byłaby również możliwość automatycznego odświeżania strony co minutę tak aby na bieżąco widzieć gdzie dany pojazd się znajduje. Powinna to jednak być funkcja dodatkowa, gdyż w przeciwnym razie, podczas wyświetlania tras archiwalnych byłyby one po minucie czyszczone i nanoszone by były kursy bieżące co utrudniałoby ich analizę. W jeszcze dalszym etapie można by również spróbować rozwinąć program o funkcje pozwalające planować trasy dla kierowców. Konieczne byłoby zmierzenie się tu z rozwinięciem problemu komiwojagera a mianowicie z tematem marszrutyzacji. Jest to problem decyzyjny polegający na wyznaczeniu optymalnych tras przewozowych dla pewnej ściśle określonej liczby środków transportu, której zadaniem jest obsłużenie zbioru klientów znajdujących się w różnych punktach przy zachowaniu pewnych ograniczeń. Kryterium optymalizacji jest całkowity koszt transportu (wyrażony odległościowo, cenowo lub czasowo). Istnieją również rozwinięcia problemu uwzględniające więcej, niż jedno kryterium optymalizacji. Problem marszrutyzacji należy do podstawowej problematyki zarządzania operacyjnego flotą środków transportu. Jest to problem bardzo złożony i jego rozwiązanie wymaga nie tylko dużych mocy obliczeniowych ale również bardzo rozbudowanych baz danych z informacjami na temat wszystkich miast, ulic i numerów budynków w całym kraju.

Oprócz tych funkcji aplikację można rozwinąć o dalsze możliwości. Ponieważ w trakcie zbierania danych pobierane są również informacje o prędkości pojazdu można z nich skorzystać i np. poniżej mapy dodać ich wykres. Z jednej strony pokazywałoby to sposób jazdy danego kierowcy, z drugiej dawałoby mu wskazówki jak jeździć bardziej ekonomicznie. Dla spalania paliwa bardzo niekorzystne są nagłe i ostre zmiany prędkości. Dotyczy to zarówno przyspieszania jak i hamowania. Gdyby kierowca miał możliwość prześledzenia takiego zapisu swojej trasy mógłby wyciągnąć z niego wnioski na przyszłość. Ponadto ponownie wpływałoby to na bezpieczeństwo kierowców i pojazdów gdyż każde złamanie przepisów prawa ruchu drogowego, nawet jeśli nie byłoby zarejestrowane przez funkcjonariuszy policji, byłoby zapisane w bazie danych i to pracodawca mógłby wpływać na egzekwowanie prawa lub na motywowanie do jazdy zgodnej z przepisami. Byłoby to również pewnego rodzaju ochroną kurierów, którzy z przyczyn niezależnych od siebie nie świadczyli by usług terminowo.

Wdrożenie jednak aplikacji na etapie skonstruowanym w toku tej pracy jest niezwykle łatwe. Nie wymaga inwestowania dużych nakładów finansowych a sam proces wdrożenia jest bardzo szybki i nie wymaga od docelowych użytkowników specjalistycznej wiedzy. Korzyści z kolei są bardzo duże pomimo tego, że nie jest to program bardzo rozbudowany. Po pierwsze od razu poprawia bezpieczeństwo kierowców, pojazdów oraz przewożonych wartości. Dzięki stałemu monitorowaniu pojazdów posiadamy w każdej chwili informacje o tym gdzie dany samochód się znajduje i w razie problemów można szybciej zareagować. Pomoże to zarówno w sytuacji awarii pojazdu, gdy trzeba będzie wysłać drugi pojazd celem przeładunku jak i w sytuacji, w której kierowca się zgubi i nie będzie wiedział, którędy ma jechać. Kolejny ważny wpływ to eliminowanie negatywnych działań nieuczciwych kierowców. Nie będzie już możliwości zawyżania długości przejechanych tras w celu wyłudzenia wyższego wynagrodzenia czy też wykorzystywania pojazdów służbowych do celów prywatnych. Ostatecznie możliwa będzie również analiza pokonywanych codziennie tras i ich optymalizacja. Dzięki temu można będzie tak planować kursy poszczególnych kierowców aby jak najbardziej efektywnie wykorzystywać czas ich pracy oraz potencjał ich pojazdów.

6. SPIS TABEL

Tabela 1 Ilości wystrzelonych satelitów od 1975 roku [opracowanie własne].....	10
Tabela 2 Porównanie aplikacji ze sklepu Google Play - cz. I [opracowanie własne].....	19
Tabela 3 Porównanie aplikacji ze sklepu Google Play - cz. II [opracowanie własne]	20
Tabela 4 Zestawienie wyników porównania aplikacji [opracowanie własne].....	20

7. SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1 Orbitsy okołozemskie wykorzystane w systemach nawigacji satelitarnej [opracowanie własne]	10
Rysunek 2 Ilości wystrzelonych satelitów [opracowanie własne].....	11
Rysunek 3 Segmenty systemu GPS [opracowanie własne].....	12
Rysunek 4 Schemat ustalania pozycji odbiornika GPS [źródło: http://systemygps.com.pl/]	13
Rysunek 5 Popularność systemów operacyjnych w Polsce [opracowanie własne].....	16
Rysunek 6 Włączenie transferu danych [opracowanie własne].....	23
Rysunek 7 Włączenie modułu GPS [opracowanie własne].....	23
Rysunek 8 GPS Logger w Sklepie Play [opracowanie własne]	24
Rysunek 9 Rodzaje widoków aplikacji GPS Logger [opracowanie własne].....	24
Rysunek 10 Konfiguracja GPS Logger - Szczegóły logowania [opracowanie własne]	25
Rysunek 11 Konfiguracja GPS Logger - Wydajność [opracowanie własne]	25
Rysunek 12 Konfiguracja GPS Logger - Upload settings [opracowanie własne]	26
Rysunek 13 Konfiguracja GPS Logger - Ustawienia FTP [opracowanie własne]	26
Rysunek 14 Schemat funkcji import_data [opracowanie własne].....	27
Rysunek 15 Schemat funkcji upload_xml2sql [opracowanie własne].....	28
Rysunek 16 Schemat funkcji convert_coords [opracowanie własne].....	29
Rysunek 17 Schemat tabeli MySQL zawierającej dane zebrane z urządzenia GPS [opracowanie własne].....	30
Rysunek 18 Pierwsze wywołanie aplikacji web [opracowanie własne]	31
Rysunek 19 Kalendarz wyboru daty i czasu [opracowanie własne].....	31
Rysunek 20 Schemat działania aplikacji web [opracowanie własne].....	32
Rysunek 21 Efekt działania aplikacji web [opracowanie własne].....	33

8. BIBLIOGRAFIA

1. M. Ciesielski, „Logistyka w biznesie”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2006;
2. John J. Coyle, Edward J. Bardi, C. John Langley Jr., „Zarządzanie logistyczne”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2002;
3. A. Harrison, R. van Hoek, „Zarządzanie logistyką”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2010;
4. Sz. Jagiełło, D. Żelazny, „Algorytm równoległy dla problemu marszrutyzacji”, Politechnika Wrocławska 2013;
5. Z. Jędrzejczak, K. Kukuła, J. Skrzypek, A. Walkosz, „Badania operacyjne w przykładach i zadaniach”, Wydawnictwo Naukowe PWN 2001;
6. C. Skowronek, Z. Sariusz-Wolski, „Logistyka w przedsiębiorstwie”, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2012;
7. P. Urbaniak, „Koszt auta firmowego”, miesięcznik „Flota” 04.2014;
8. Raport „Global Smartphone OS shares in Q1 2015” opracowany przez Strategy Analytics;
9. Raport „Marketing mobilny w Polsce 2013-2014” wykonany we współpracy portalu jestem.mobi oraz TNS Polska;
10. <http://www.arcus.pl/>
11. <http://www.qsgroup.eu/>
12. <http://systemygps.com.pl/>
13. <http://www.komputerswiat.pl/>
14. <http://ranking.pl/>
15. <http://pl.wikipedia.org/>
16. <http://emapla.pl/>
17. <http://www.interlan.pl/>